



TUGAS AKHIR – TM141585

**STUDI EKSPERIMENTAL VARIABEL
PROSES INJEKSI DAN PENGARUH
KOMPOSISI MATERIAL BIOKOMPOSIT
(SERAT SISAL, *MALEIC ANHYDRIDE*
POLIPROPYLENE, *POLYPROPYLENE*)
TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN IMPAK**

**RAHMAT BASYA SHAHRYS TSANY
NRP. 2112.100.080**

**Dosen Pembimbing:
Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng.**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



TUGAS AKHIR – TM141585

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIABEL
PROSES INJEKSI DAN PENGARUH KOMPOSISI
MATERIAL BIOKOMPOSIT (SERAT SISAL, *MALEIC
ANHYDRIDE POLYPROPYLENE*,
POLYPROPYLENE) TERHADAP KEKUATAN TARIK
DAN IMPAK**

**RAHMAT BASYA SHAHRYS TSANY
NRP. 2112.100.080**

**Pembimbing:
Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



FINAL PROJECT – TM141585

**EXPERIMENTAL STUDY OF INJECTION PROCESS
VARIABLE EFFECT AND COMPOSITION
BIOCOMPOSITE MATERIAL (SISAL FIBER,
MALEIC ANHYDRIDE POLYPROPYLENE,
POLYPROPYLENE) FOR TENSILE AND IMPACT
STRENGTH**

**RAHMAT BASYA SHAHRYS TSANY
NRP. 2112.100.080**

**Academic Advisor:
Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng**

**DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2017**

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIABEL
PROSES INJEKSI DAN KOMPOSISI MATERIAL
BIOKOMPOSIT (SERAT SISAL, *MALEIC
ANHYDRIDE POLIPROPYLENE, POLYPROPYLENE*)
TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN IMPAK**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

RAHMAT BASYA SHAHRYS TSANY

NRP. 2112 100 080

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr.Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng (Pembimbing)
NIP. 195811061986011002
2. Ir. Bambang Pramujati, M.Sc.Eng Ph.D (Penguji I)
NIP. 196912031994031001
3. Dinny Harnany, ST, M.Sc (Penguji II)
NIP. 2100201405001
4. Indra Sidarta, ST, M.Sc (Penguji III)
NIP. 198006192006041004



SURABAYA

JULI, 2017

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIABEL PROSES INJEKSI DAN KOMPOSISI MATERIAL BIOKOMPOSIT (SERAT SISAL, *MALEIC ANHYDRIDE POLYPROPYLENE, POLYPROPYLENE*) TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN IMPAK

Nama Mahasiswa : Rahmat Basya Shahrys Tsany
NRP : 2112100080
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Prof.Dr.Ing.I Made Londen Batan, M.Eng

ABSTRAK

Plastik kini telah menjadi barang yang tidak terpisahkan dalam kehidupan manusia, contohnya seperti botol plastik, helm, dan *bodykit* motor maupun mobil. Banyak industri-industri di Indonesia menggunakan bahan plastik sebagai material utama produknya, salah satunya adalah pabrik helm. Bahan baku plastik yang mahal serta harus *import* dari luar negeri memacu kita untuk mencari material terbarukan yang lebih murah serta ramah lingkungan, salah satunya material biokomposit. Serat sisal dapat digunakan sebagai material penguat biokomposit banyak ditemukan di Indonesia, oleh karena itu serat sisal digunakan sebagai campuran dari material biokomposit. Pencetakan biokomposit menjadi produk jadi tidak lepas dari proses injeksi molding. Maka dari itu saya melakukan penelitian tentang *setting* parameter proses injeksi molding material biokomposit tanpa cacat *flash* dan *short shot*, kemudian mengetahui pengaruh komposisi material biokomposit terhadap kekuatan tarik dan impak.

Material biokomposit yang digunakan adalah campuran dari serat sisal, *polypropylene* (PP) dan *Maleic Anhydride Polypropylene* (MAPP). Perbandingan komposisi yang pertama 5% sisal, 5% MAPP, 90% PP, yang kedua 10% sisal, 5% MAPP,

85% PP, yang ketiga 15% sisal, 5% MAPP, 80% PP, dan komposisi yang terakhir 20% sisal, 5% MAPP, 75% PP. Proses injeksi cetakan spesimen uji impact dan tarik dengan material biokomposit disimulasikan dengan Autodesk Moldflow Insight 2016, agar diketahui parameter proses injeksi yang paling sesuai dengan mesin injeksi Haitian MA 900/260e. Setelah mendapatkan *setting* parameter proses yang didapat dari simulasi, selanjutnya material biokomposit diinjeksikan ke *insert mold* untuk menghasilkan spesimen uji tarik ASTM D63803 dan impact ASTM D256-04. Spesimen tersebut selanjutnya dilakukan uji tarik dan uji impact, untuk mengetahui sifat mekanik dari masing-masing komposisi biokomposit tersebut, selanjutnya dilakukan pengujian *Scanning Electron Microscopy* untuk mengetahui struktur mikroskopis dari masing-masing material biokomposit tersebut.

Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah parameter proses injeksi yang paling optimal tanpa cacat *flash* dan *short shot*, dengan meningkatnya komposisi serat sisal dapat meningkatkan kekuatan tarik. Sedangkan kekuatan impactnya tidak ada yang melebihi kekuatan impact *polypropylene* murni. Dari hasil SEM, biokomposit B memiliki permukaan patahan yang memiliki *void* kecil dan *fiber breakage* lebih banyak dibandingkan biokomposit yang lain menjadikan biokomposit B memiliki *interface* yang sangat baik. Penambahan serat sisal dan MAPP dapat merubah struktur dari *polypropylene* memiliki gaya adhesi yang kuat, sehingga cenderung membuat sifat material biokomposit kearah yang getas.

Kata Kunci : Biokomposit, Serat Sisal, *polypropylene*, Maleic Anhydride Polypropylene, Simulasi Autodesk Moldflow Insight 2016, Parameter Proses Injeksi.

**EXPERIMENTAL STUDY OF INJECTION PROCESS
VARIABLE EFFECT AND COMPOSITION
BIOCOMPOSITE MATERIAL (SISAL FIBER,
MALEIC ANHYDRIDE POLYPROPYLENE,
POLYPROPYLENE) FOR TENSILE AND IMPACT
STRENGTH**

Student Name : Rahmat Basya Shahrys Tsany
NRP : 2112100080
Departement : Mechanical Engineering FTI-ITS
Academic Advisor : Prof.Dr.Ing.I Made Londen Batan, M.Eng

ABSTRACT

Plastic nowadays have become inseparable goods in human life, for example ; plastic bottles, plastic bags, helmets, and body kit for motorcycle and car. There are many industries in Indonesia using plastic materials as the main material of its products, one of them is a helmet factory. Raw materials for plastic are expensive and must be imported from overseas, hat reason initiate us to look for environmentally friendly and cheaper renewable materials. One of the bio-composite materials. Sisal fibers can be used as bio-composite reinforced materials that commonly found in Indonesia, thus sisal fibers are used as a mixture of bio-composite materials. Printing biocomposite into finished product can not be separated from injection molding process. Based on that reasons, I conducted a research to find best setting parameter process on bio-composite injection molding without flash defect and short shot. I also try to find effect of bio-composite material composition on tensile and impact strength.

The used bio-composite materials are a mixture of sisal fiber, polypropylene (PP) and Maleic Anhydride Polypropylene

(MAPP). There are four composition that will be compared , the first one is 5% sisal, 5% MAPP, 90% PP, the second one is 10% sisal, 5% MAPP, 85% PP, the third one is 15% sisal, 5% MAPP, 80% PP, and last one 20% sisal, 5% MAPP, 75% PP. The molding injection process of impact and tensile bio-composite material specimens is simulated with Autodesk Moldflow Insight 2016, in order to know the parameters of the injection process that suitable for the Haitian MA 900 / 260e injection machine. The obtained parameter settings from the simulation became the basis for bio-composite material. The biocomposite material is injected into the *insert mold* to produce the ASTM D63803 standard for tensile test specimen and the ASTM D256-04 standart for impact specimen. The tensile test and the impact test is conducted to know the mechanical properties of each the bio-composite composition . SEM (Scanning Electron Microscopy) test is performed to know the microscopic structure of each of the bio-composite materials.

The results from this research on injection process parameter without flash defect and short shot show increasing composition of sisal fiber will increase tensile strength. On the other hand, the impact strength of bio-composites didn't exceed the impact strength of pure-*polypropylene*. From SEM results, biocomposite B has surface fracture with small void and more fiber breakage than any other biocomposites. It can be concluded that bio-composite B has excellent interface. The addition of sisal fibers and MAPP can change the structure of polypropylene with strong adhesion force. The increasing adhesion force will increase the brittleness of bio-composite material.

Keywords : Bio-composite, Sisal Fiber, *Polypropylene*, *Maleic Anhydride Polypropylene*, Autodesk Moldflow Insight 2016 Simulation, Injection Process Parameter

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat, dan hidayah sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dengan judul : **Studi Eksperimental variabel proses injeksi dan Pengaruh Komposisi Material Biokomposit (Serat Sisal, *Maleic Anhydride Polypropylene*, *Polypropylene*) Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak**. Pada kesempatan ini penulis bermaksud untuk mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Ach. Buchari dan Ibu Malal Hayati, untuk segala doa, restu, kasih sayang, dan motivasi yang selalu dilimpahkan kepada penulis
2. Prof. Dr. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng selaku dosen pembimbing tugas akhir ini, yang telah dengan sabar membimbing, memberikan dorongan semangat dan memberikan banyak ilmu serta wawasan kepada penulis, tanpa itu semua, penulis tidak akan menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Ir. Bambang Pramujati, M.Sc.Eng, Ph.D, Dinny Harnany, ST, M.Sc, dan Indra Sidharta, ST, M.Sc sebagai dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun guna menyempurnakan Tugas Akhir ini.
4. Ika Dewi Wijayanti, ST, MSc, dan Achmad Syaifudin, ST, M.Eng, PhD selaku dosen wali yang telah memberikan bantuan selama awal perkuliahan sampai akhirnya penulis dapat menyelesaikan kuliah jenjang S-1 di Teknik Mesin ITS.
5. “Injection Molding Team”, Arif dan abang Hiding yang banyak memberikan masukan dan dorongan selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.

6. Mas Abdi, mbak syari, dan keluarga besar H.Moh.Sabki yang banyak memberikan doa dan motivasi selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
7. Teman Mesin Madura 2012, Cuprit, Eqin, dan Puja yang banyak memberikan semangat selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
8. Teman-teman Lab P3, Tuhtub, Mas Rado, Deris, Bang Boy, Tedy, Nublai, Mas'ud, Agus, Awan, Rambo, Mario, Hafiz, Wahyu, Fakhrol, Nimas, Dicky, Deni, Agung, dan afrizal yang banyak memberikan semangat selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
9. Semua Teman-teman LBMM, terutama Budals 2012 yang banyak memberikan semangat selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
10. Semua Bapak Ibu Dosen dan karyawan di jurusan Teknik Mesin ITS yang telah memberikan bantuan bantuan dan ilmunya kepada penulis.
11. Serta semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuannya yang tidak bisa disebutkan satu persatu di halaman ini.

Semoga segala bentuk kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang terbaik dari Allah SWT, Amin.

Penulis sadar bahwa penulisan tugas akhir ini memiliki banyak kekurangan, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan dan kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi semua.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

Judul	
Abstrak	i
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Biokomposit	9
2.2.1 <i>Polypropylene</i>	10
2.2.2 <i>Maleic Anhydride Grafted Polypropylene</i>	11
2.2.3 Tanaman Sisal	12
2.3 Injection Molding	13
2.3.1 <i>Clamping Unit</i>	14
2.3.2 <i>Plasticizing Unit</i>	14
2.3.3 <i>Drive unit</i>	14
2.4 Uji Tarik (<i>Tensile Test</i>)	16
2.5 Uji Impak (<i>Impact Test</i>)	19
2.5.1 Metode <i>Charpy</i>	20
2.5.2 Metode <i>Izood</i>	21
2.6 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian	27
3.2 Tahap-Tahap Penelitian	28

3.2.1 Studi Literatur dan Lapangan	28
3.2.2 Material Alternatif Biokomposit	28
3.2.3 Simulasi Software Moldflow Insight	29
3.2.4 Diagram Alir Simulasi	30
3.2.5 Tahap Simulasi Proses Injeksi	30
3.2.6 Identifikasi Parameter Proses Injeksi	34
3.2.7 Eksperimen Proses Injeksi	34
3.2.8 Kriteria Spesimen yang Baik	37
3.2.9 Pengujian Tarik dan Impak Spesimen	38
3.2.10 Pengujian SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)..	40
3.2.11 Analisa Hasil Eksperimen	41

BAB IV SIMULASI DAN IDENTIFIKASI PARAMETER PROSES INJEKSI

4.1 Hasil Simulasi Proses Injeksi Spesimen	43
4.1.1 Hasil Simulasi Parameter Proses Injeksi Biokomposit A	43
4.1.2 Hasil Simulasi Parameter Proses Injeksi Biokomposit B	44
4.1.3 Hasil Simulasi Parameter Proses Injeksi Biokomposit C	46
4.1.4 Hasil Simulasi Parameter Proses Injeksi Biokomposit D	47
4.1.5 Hasil Simulasi <i>Fill Time</i>	49
4.1.6 Hasil Simulasi <i>Injection Pressure</i>	50
4.1.7 <i>Colling Time</i>	52
4.2 Identifikasi Parameter Proses Injeksi Aktual	52

BAB V EKSPERIMEN PROSES INJEKSI SPESIMEN

5.1 Pengamatan Hasil Eksperimen Injeksi Material Biokomposit	55
5.2 Pengujian Mekanik Material Biokomposit	56
5.2.1 Hasil Uji Impak	56
5.2.2 Hasil Uji Tarik	60
5.3 Analisa Hasil Uji SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)	63

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan	67
6.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	71
BIODATA PENULIS	75

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Geometri spesimen uji tarik dan impak	5
Gambar 2.2	Hasil penelitian (a) <i>Tensile and Flextural Strength</i> , (b) <i>Tensile and Flextural modulus</i> , (c) <i>Impact Strength</i>	6
Gambar 2.3	Hasil Penelitian (a) <i>flextural & tensile strength</i> , (b) <i>flextural & tensile modulus</i> dan (c) <i>impact Strength</i>	7
Gambar 2.4	Material <i>Polypropylene</i>	10
Gambar 2.5	<i>Maleic Anhydride Grafted Polypropylene</i>	11
Gambar 2.6	Tanaman Sisal	12
Gambar 2.7	Sistem Injeksi Molding	14
Gambar 2.8	Grafik deformasi tegangan-regangan	17
Gambar 2.9	Diagram tegangan-regangan uji tarik bahan ulet	18
Gambar 2.10	Ilustrasi mekanisme penyerapan energi pada saat uji impak	20
Gambar 2.11	Pengujian Impak metode Charpy	21
Gambar 2.12	Pengujian Impak metode Izood	22
Gambar 2.13	Skema Perhitungan uji impak	23
Gambar 2.14	Macam-macam bentuk takikan Pada Spesimen Uji Impak	24
Gambar 2.15	Skema <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) ..	26
Gambar 2.16	Hasil SEM dari proses <i>hot press</i> PP dan serat Sisal	26
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3.2	Diagram Alir Simulasi	30
Gambar 3.3	<i>Design cavity</i>	31
Gambar 3.4	Menu <i>tools</i> pada moldflow	32
Gambar 3.5	<i>New data base</i> moldflow	33
Gambar 3.6	Tampilan tabulasi thermoplastic material	33
Gambar 3.7	Mesin injeksi molding yang berada di <i>workshop</i> Teknik Mesin ITS	35
Gambar 3.8	Spesimen Uji Tarik ASTM D638-03 Tipe V ...	36

Gambar 3.9	Spesimen Uji Impak ASTM D256-04	36
Gambar 3.10	Mesin Uji Tarik AUTOGRAPH AG-10TE	38
Gambar 3.11	Mesin <i>Mini Impact Tester tipe Charpy</i>	39
Gambar 3.12	Mesin Uji SEM Phenom ProX	40
Gambar 4.1	Spesimen hasil injeksi biokomposit A	53
Gambar 5.1	Hasil proses injeksi spesimen biokomposit uji impak ASTM D6110 (1) biokomposit A, (2) biokomposit B, (3) biokomposit C dan (4) biokomposit D	55
Gambar 5.2	Hasil proses injeksi spesimen biokomposit uji tarik ASTM D638 (1) biokomposit A, (2) biokomposit B, (3) biokomposit C dan (4) biokomposit D	56
Gambar 5.3	Hasil pengujian impak spesimen ASTM D256-04 (1) biokomposit A, (2) biokomposit B, (3) biokomposit C dan (4) biokomposit D	57
Gambar 5.4	Grafik hasil uji impak spesimen biokomposit ..	58
Gambar 5.5	Penampakan patahan dari permukaan spesimen hasil uji impak charpy (1) biokomposit A, (2) biokomposit B, (3) biokomposit C dan (4) biokomposit D	59
Gambar 5.6	Hasil pengujian tarik spesimen biokomposit ASTM D638-03 Tipe V (1) biokomposit A, (2) biokomposit B, (3) biokomposit C dan (4) biokomposit D	60
Gambar 5.7	Grafik hasil uji tarik spesimen biokomposit (kekuatan tarik)	61
Gambar 5.8	Garfik hasil uji tarik spesimen biokomposit (perpanjangan)	62
Gambar 5.9	Hasil Pengujian SEM (A) biokomposit A (B) biokomposit B (C) biokomposit C (D) biokomposit D (PP) Polypropylene Murni	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil pengujian <i>tensile</i> dan <i>impact strength</i> dari penelitian Burgstaller	9
Tabel 2.2 <i>Properties</i> dari <i>Polypropylene</i>	11
Tabel 2.3 <i>Physical properties</i> dari serat sisal	13
Tabel 3.1 Komposisi Material Biokomposit	29
Tabel 3.2 Spesifikasi <i>Cavity</i>	31
Tabel 3.3 Data masukan karakteristik material simulasi	34
Tabel 3.4 Spesifikasi mesin injection molding HAITIAN MA type 900/260 e	35
Tabel 4.1 Simulasi parameter proses injeksi biokomposit A	43
Tabel 4.2 Simulasi parameter proses injeksi biokomposit B .	44
Tabel 4.3 Simulasi parameter proses injeksi biokomposit C .	46
Tabel 4.4 Simulasi parameter proses injeksi biokomposit D	47
Tabel 4.5 Hasil simulasi <i>filltime</i>	49
Tabel 4.6 Hasil simulasi <i>injection pressure</i>	50
Tabel 4.7 Hasil simulasi <i>colling time</i>	52
Tabel 4.8 Parameter proses injeksi aktual	53
Tabel 5.1 Data hasil pengujian impak	57
Tabel 5.2 Data hasil pengujian tarik	60

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik kini telah menjadi barang yang hampir tidak bisa terpisahkan dalam kehidupan manusia, contohnya seperti botol plastik, helm, kantong plastik, dan *bodykit* motor maupun mobil. Banyak industri-industri di Indonesia menggunakan bahan plastik sebagai material utama produknya, salah satunya adalah pabrik helm. Helm merupakan perangkat keselamatan standar yang digunakan pengguna kendaraan bermotor roda dua. Oleh karena itu kualitas helm sangat penting, harus dibuat sekuat dan seringan mungkin, sehingga pengendara merasa aman dan nyaman.

Kebanyakan industri helm khususnya industri kecil menengah (IKM) di Indonesia memproduksi helmnya dengan cara pencetakan manual yaitu pelapisan/laminasi serat sintesis dan tidak memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI). Berbeda dengan industri besar yang sudah menggunakan proses injeksi molding, proses produksi tersebut memiliki waktu produksi yang lebih pendek, dibandingkan dengan pencetakan manual. Produksi helm secara manual juga mendatangkan masalah lingkungan, dimana bahan dasar helm yaitu resin dan plastik dapat mencemari lingkungan, hal ini disebabkan karena pada saat proses pelapisan dilakukan di ruang terbuka dan tidak terkontrol limbahnya. Itu yang menjadi permasalahan utama dari industri kecil pembuat helm.

Badan Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) melalui FAO pada pertemuan dunia di Roma, 20 Oktober 2008 mencanangkan tahun 2009 sebagai *international Year of Fiber*. Isu besar terkait pencanangan kegiatan itu adalah pemanfaatan berbagai serat alam, menjadi sumber bahan baku dalam industri. Salah satu contohnya adalah serat sisal, serat sisal mulai berkembang di Indonesia sejak tahun 1913, dan banyak dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia, terutama di wilayah Jawa Timur. Serat sisal merupakan material alami yang cukup murah dan dapat dijadikan sebagai biokomposit

memperkuat polimer *polypropylene*. (P,Sudhakara dkk, 2013). Oleh karena itu banyak penelitian yang sudah dilakukan dalam pemanfaatan serat sisal sebagai bahan penguat dan pengganti plastik dalam material komposit.

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan material alternatif seperti P.Sudhakara dkk 2013. Melakukan penelitian, dimana *polypropylene* dicampur dengan penguat serat jute, sisal, serat buah siwalan, dan serat serabut. Campuran material tersebut kemudian dicetak dengan proses injeksi molding. Hasil cetakan spesimen dievaluasi melalui uji tarik dan impak. Untuk menjaga kualitas hasil pencetakan yang dapat memengaruhi sifat mekanik dari material, maka perlu pengaturan parameter proses pada mesin injeksi molding yang tepat. Resha Sigid (2013) melakukan percobaan injeksi dengan variasi temperatur dan waktu tahan untuk material campuran *polypropylene* dan *polyethylene* terhadap respon cacat penyusutan (*shrinkage*) dan kekuatan tarik. Sbrekokska dkk (2009) melakukan pengolahan polimer daur yang dicampur serat kenaf dan sekam padi dengan setting parameter proses injeksi molding berupa temperatur barrel.

Dari uraian permasalahan diatas, perlu adanya penelitian lanjutan tentang pengaturan parameter proses injeksi molding dengan menggunakan material biokomposit dari bahan *polypropylene* dengan serat sisal. Penelitian ini akan dengan memadukan analisis *software* simulasi dan aktual proses injeksi molding. diharapkan dapat menentukan setting parameter proses yang tepat dari mesin injeksi molding HAITIAN MA 900/260e untuk material campuran *polypropylene* dan serat sisal untuk mendapatkan kekuatan tarik dan impak dari material biokomposit

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana *setting* parameter proses injeksi molding material biokomposit tanpa cacat *flash* dan *short shot* ?

2. Bagaimana pengaruh komposisi material biokomposit terhadap kekuatan tarik dan impak ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Material alternatif berupa campuran antara *polypropylene* (PP), serat sisal dan *maleic anhydride polypropylene* (MAPP).
2. Spesimen uji tarik dan uji impak sesuai dengan standar, benda uji tarik ASTM D638-03 Tipe V dan uji impak ASTM D25604.
3. Mesin injeksi molding yang digunakan adalah HAITIAN MA 900/260e.
4. Mesin uji beban kejut (impact) yang digunakan adalah Mesin Mini Impact Tester jenis charpy dengan kemampuan menyalurkan energi sebesar 0.5-22J.
5. Mesin uji tarik yang digunakan adalah AUTOGRAPH AG10TE dengan kapasitas 100 kN.
6. Pengamatan dilakukan secara visual

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui *setting* parameter proses injeksi molding material biokomposit tanpa cacat *flash* dan *short shot* ?
2. Mengetahui pengaruh komposisi material biokomposit terhadap kekuatan tarik dan impak ?

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai material alternatif pengganti *polypropylene* yang dapat digunakan.

2. Meningkatkan pengetahuan dibidang perancangan simulasi moldflow dan proses injeksi molding plastik.
3. Sebagai referensi bagi pembaca dan penelitian-penelitian sejenisnya dalam rangka pengembangan tentang pengaruh parameter proses terhadap kekuatan tarik dan impak dari material biokomposit.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

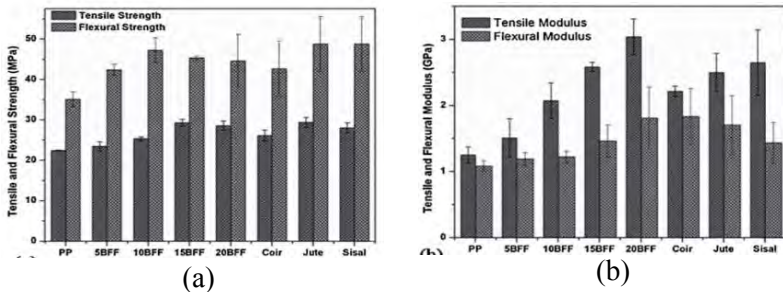
2.1 Tinjauan Pustaka

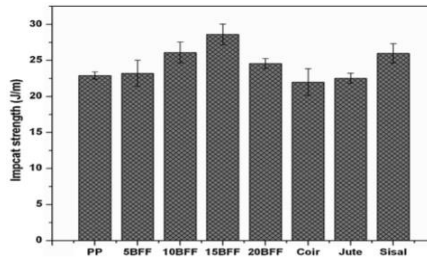
P. Sudhakara, dkk (2013) melakukan penelitian dengan membuat material komposit dengan berbasis *polypropylene* dengan penguat serat alami yaitu serat buah siwalan, jute, sisal, dan *coir fibers*. Dengan variasi komposisi serat alami 5 %, 10%, 15%, 20 %, dengan 5 % *Maleic Anhydride Grafted Polypropylene* (MAPP), dan sisanya *polypropylene*.

Untuk proses penginjeksian menggunakan mesin injeksi molding (WOOJIN SELXR CO.LTD). Temperatur injeksi molding 200°C dan tekanannya 60 MPa. Kemudian dilakukan pengujian SEM, uji tarik dan uji impak. Dimana geometri spesimen uji tarik dan impaknya seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.1 Geometri spesimen uji tarik dan impak



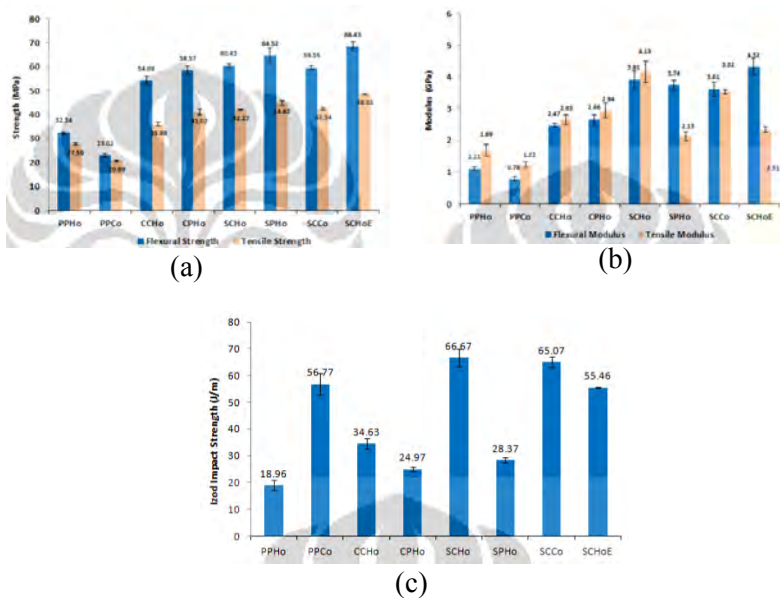


(c)

Gambar 2.2 Hasil penelitian (a) *Tensile and Flextural Strength*,
 (b) *Tensile and Flextural modulus*, (c) *Impact Strength*
 [Sumber : Sudhakara.2013.*Fabrication of Borassus fruit lignocellulose fiber/PP composites and comparison with jute, sisal, and coir fibers*. South Korea]

Dari penelitian ini didapat bahwa sifat mekanik polimer *polypropylene* dapat ditingkatkan dengan penambahan serat alam. Serat Sisal memiliki kekuatan tarik lebih baik dibanding serat lainnya. 20 BFF memiliki kekuatan tarik lebih baik dibandingkan serat lainnya. Sedangkan yang memiliki kekuatan kejut yang sangat baik adalah 15 BFF.

Nanang (2012) melakukan penelitian dengan membuat material komposit berbasis polimer *polypropylene* dengan penguat serat alam yaitu serat sisal dan serat serabut kelapa. Dengan komposisi campuran serat alam 40%, 5% *coupling agent* jenis PP-g-MA dan *polypropylene* sisanya, kemudian dicampur dengan mesin *kneader twin-screw* dengan kondisi operasi suhu 180 °C, kecepatan 60 rpm selama 15 menit. Hasil pencampuran dihancurkan dengan crusher, kemudian dibuat spesimen dengan menggunakan mesin *injection molding* AIC Auckland Industrial dengan kondisi operasi temperatur *screw* 220 °C, 210 °C, 200 °C. *Injection* dan *holding pressure* sebesar 50 Mpa dan 30 Mpa serta *cooling time* selama 20-30 detik. Lalu selanjutnya dilakukan pengujian DSC, SEM serta pengujian tarik dan impak.



Gambar 2.3 Hasil Penelitian (a) *flextural & tensile strength*, (b) *flextural & tensile modulus* dan (c) *impact strength*

[Sumber : Nanang M. 2012. “Pengembangan Komposit Polipropilena Berpenguat Serat Sisal dan Serat Serabut Kelapa Untuk Material Komponen Otomotif”. Depok]

Dari penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa sifat mekanik polimer *polypropylene* dapat ditingkatkan dengan penambahan serat alam. Serat sisal memiliki sifat mekanis yang lebih baik dibanding serat serabut kelapa yang dibuktikan dari nilai kekuatan tarik, kekuatan kejut, struktur mikro, drajat kristalinitas dan stabilitas terhadap panas.

Arif (2017) membuat pelet biokomposit dengan variasi campuran antara serat sisal, *polypropylene* dan *Maleic Anhydride Grafted Polypropylene*. Komposisi yang digunakan untuk serat sisal, *polypropylene* dan *Maleic Anhydride Grafted Polypropylene* secara berturut-turut adalah biokomposit A (5%:90%:5%),

biokomposit B (10%:85%:5%), biokomposit C (15%:80%:5%) dan biokomposit D (20%:75%:5%). Dari hasil uji DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) dan pengamatan cacat *void* secara mikroskopi, didapatkan bahwa material biokomposit B memiliki kualitas pelet yang baik dibanding material lainnya. Hal ini dikarenakan material biokomposit B memiliki temperatur leleh tertinggi yaitu sebesar 164.53 °C dan memiliki jumlah voidnya 6.97% sampai 11.75 %.

Burgstaller (2014) melakukan penelitian dengan membuat material komposit dari *polypropylene* dengan *rice husks*, *wood flour* dan *sisal fibres* dengan komposisi serat alam yang berbeda yaitu (0, 10, 20, 30, 40, 50 %wt) dan ditambahkan *compatibilizer* sebesar 3 %wt. Proses pencampuran material menggunakan *co-rotating twin screw extruder Thermoprism TSE24HC* dengan kecepatan konstan sebesar 400 rpm dan maksimum temperatur barrel sebesar 210 °C.

Hasil campuran tersebut dipotong dengan panjang 4 mm dan dikeringkan pada suhu 80 °C selama 4 jam. Komposit yang berbentuk pelet dicetak dengan menggunakan proses injeksi molding dengan maksimum temperatur barrel 210 °C dan temperatur mold 40 °C.

Dilakukan pengujian tarik dan impak dan dapat disimpulkan bahwa seiring dengan penambahan serat alam, nilai kekuatan tarik dan kekuatan impak juga meningkat, untuk campuran *wood flour* dan *sisal fibres*. Sedangkan *rice husk* nilai kekuatan tarik dan impaknya meningkat, tetapi dibawah nilai *polypropylene* murni. Untuk nilai modulus elastisitas akan semakin meningkat, seiring dengan bertambahnya campuran dari serat alam. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa serat alam dapat meningkatkan nilai dari sifat mekaniknya yaitu kekuatan tarik dan impak. campuran serat alam terbaik ada pada sisal fibres dengan komposisi 50 %wt.

Tabel 2. 1 Hasil pengujian *tensile* dan *impact strength* dari penelitian Burgstaller

Elastic modulus (E), tensile strength (σ_{Max}) and notched Charpy impact strength (a_{CIN}) and according standard deviations (s) vs. weight fraction W_f of the reinforcements for the investigated composites.

Reinforcement	W_f (wt%)	E (MPa)	s (MPa)	σ_{Max} (MPa)	s (MPa)	a_{CIN} (kJ/m ²)	s (kJ/m ²)
Polypropylene	0	1600	19	33.00	0.31	1.93	0.03
Rice husks	10	1944	5	32.50	0.04	1.11	0.06
	20	2209	8	31.78	0.10	1.14	0.07
	30	2540	20	31.42	0.11	1.31	0.25
	40	2816	19	31.42	0.04	1.82	0.16
	50	3233	32	32.48	0.15	2.01	0.11
Wood particles	10	2337	13	32.31	0.12	1.68	0.05
	20	2557	5	36.49	0.05	2.25	0.04
	30	3424	14	39.45	0.08	2.41	0.11
	40	4371	12	45.34	0.03	2.83	0.37
	50	5253	38	49.80	0.07	2.61	0.03
Sisal fibres	10	2375	36	34.60	0.15	3.01	0.26
	20	3186	51	40.52	0.49	4.27	0.32
	30	4118	60	48.75	0.04	5.10	0.31
	40	5054	48	54.00	1.14	5.40	0.36
	50	5948	87	58.87	0.62	5.31	0.29

[Sumber: Burgstaller, 2014. *A Comparison Of Processing and Performance for Lignicellulosic Reinforced Polypropylene for Injection Molding Applications*: 4]

2.2 Biokomposit

Biokomposit merupakan terjemahan dari kata bahasa inggris, *biocomposite* terdiri atas dua kata yang digabungkan yaitu bio yang berarti bahan yang berasal dari *organism* atau makhluk hidup (bahan tumbuhan: hutan, pertanian, kebun, binatang dan organism lain atau bahan daur ulangnya). Komposit diterjemahkan sebagai suatu bahan yang terdiri atas lebih dari dua bahan yang digabungkan yang membentuk suatu bahan yang mempunyai sifat yang berbeda dengan bahan aslinya.

Komposit didefinisikan sebagai dua atau lebih bahan yang digabungkan menjadi satu oleh suatu matrik (Berglund dan Rowell, 2005). Material Biokomposit terbuat dari bahan yang dapat diperbaharui sehingga pembuatannya dapat mengurangi konsumsi energi dan biaya produksi. Selain itu biokomposit juga memiliki kemampuan terdegradasi yang baik. Perkembangan penelitian biokomposit sudah sangat beragam, tidak hanya mencakup produk-produk untuk kebutuhan bahan bangunan,

seperti papan partikel, kayu lapis atau papan semen dan lainnya, tapi juga telah berkembang dengan pesat ilmu dan produk bioplastik atau plastik yang diperkuat dengan bahan-bahan selulosa, baik berupa produk *wood plastic composite* (wpc) atau *injection molded natural fiber polimer*. Produk-produk plastik ini berperan penting dalam pengembangan industri otomotif yang ramah lingkungan.

2.2.1 Polypropylene

Polypropylene merupakan polimer termoplastik terbuat dari monomer *propylene* yang banyak digunakan terutama untuk proses injeksi molding. Polimer ini mulai diperkenalkan sejak tahun 1950 dan digunakan dalam berbagai aplikasi seperti kemasan, tali, tekstil, plastik, label, komponen otomotif dll (Groover, 2010; Defonseka, 2014).



Gambar 2.4 Material *Polypropylene*

Berikut ini adalah beberapa kelebihan dari *Polypropylene*, Ringan karena densitasnya yang rendah yaitu 0.90 g/cm^3 , mempunyai temperature leleh yang tinggi, tahan terhadap zat kimia seperti alcohol, hidrokarbon, mempunyai ketahanan fatig yang baik dan dapat diproses dengan berbagai macam metode termoplastik. Tetapi *polypropylene* juga terdapat kekurangannya yaitu, dapat terdegradasi oleh UV, dan mudah terbakar.

Tabel 2. 2 Properties dari *Polypropylene*

<i>General Properties of Generic Unfilled PP Homopolimer</i>	
<i>Specific Gravity</i>	0,9
<i>Tensile Modulus (Gpa)</i>	1,172
<i>Tensile Strength (Mpa)</i>	27,58
<i>Shrinkage (%)</i>	0,5 - 2
<i>T_m (°C)</i>	165 - 170
<i>Process Temperature (°C)</i>	199 - 274
<i>Mold Temperature (°C)</i>	30 - 80
<i>Drying Temperature (°C)</i>	80
<i>Drying Time (h)</i>	2 - 5

[Sumber : E. Alfredo Campo, 2006. *Complete Part Design Handbook For Injection Molding of Thermoplastics*: 46]

2.2.2 Maleic Anhydride Grafted Polypropylene

Maleic Anhydride (Anhidrida Maleat) adalah bahan kimia intermediasi, diproduksi dari oksidasi benzene menggunakan katalis khusus. Bahan ini banyak digunakan dalam industri kimia, seperti *fiber glass*, *lubrication additives*, *fumaric acid*, *alkyl resin*, *agricultur chemical*, *plastic*, *lubricant additive*. *Maleic Anhydride* yang telah dicampurkan dengan *Polypropylene* disebut *Maleic Anhydride Grafted Polypropylene (MAPP)*. MAPP berfungsi untuk mengikat serat sisal sebagai material penguat dan *polypropylene* sebagai matriksnya.

Gambar 2.5 *Maleic Anhydride Grafted Polypropylene*

2.2.3 Tanaman Sisal

Sisal (*Agave Sisallana Perrine*) merupakan tanaman perdu dengan daun berduri berbentuk pedang menjulang sepanjang 1–2m. Tanaman sisal berasal dari Meksiko tenggara yang beriklim sedang, dan berkembang ke daerah subtropis dan tropis seiring dengan berkembangnya kebutuhan serat untuk industri. Sisal dibawa ke Indonesia pada tahun 1913. Tanaman sisal sebagian besar diusahakan di lereng lereng bukit berkapur dan beriklim kering. Di Indonesia, tanaman sisal dikembangkan di Malang Selatan, Jember, Blitar Selatan dan Madura. Para petani menanam tanaman sisal ditumpang-sari dengan palawija seperti jagung, kacang tanah, atau kacang kedelai.

Sisal merupakan salah satu serat alam yang paling banyak dibudidayakan. Produksi serat sisal di seluruh dunia mencapai 4.5 juta ton setiap tahunnya (Chand et al 1988). Brazil merupakan negara penghasil sisal terbesar yaitu 113 ribu ton setiap tahunnya.



Gambar 2.6 Tanaman Sisal

[Sumber : <http://bianginovasi.com/make-it-happen/get-connected/agave-si-kaktus-serbaguna>]

Serat sisal merupakan penguat yang menjanjikan untuk digunakan sebagai komposit karena harganya yang murah, densitasnya yang rendah, kekuatan spesifik dan modulus yang tinggi, tanpa resiko kesehatan serta tersedia melimpah dan merupakan bahan alam terbarukan.

Di Indonesia serat sisal digunakan sebagai bahan kerajinan tali talian, tas, karpet maupun kemasan buah. Namun serat sisal

masih mempunyai banyak potensial yang belum dikembangkan seperti sebagai material komposit yang murah, ringan dan kuat.

Proses ekstraksi serat sisal secara mekanis. Proses ekstraksi ada dua yaitu:

- Ekstraksi dengan dekortikator akan menghasilkan 2-4% serat(15kg per 8 jam proses) yang berkualitas baik dengan kilau yang tinggi.
- Proses ekstraksi dengan pembusukan akan menghasilkan serat dengan jumlah yang banyak namun dengan kualitas rendah.

Tabel 2.3 *Physical properties* dari serat sisal

Chemical Composition	
Cellulose (wt%)	65
Hemicellulose (wt%)	12
Lignin (wt%)	09.09
Waxes (wt%)	2
Physico-mechanical properties	
Tensile Strength (Mpa)	511-635
Young's modulus (GPa)	9.4-22
Elongation at break (%)	2.0-2.5
Density (g/cm ³)	1.5

[Sumber : Nanang M. 2012. “Pengembangan Komposit Polipropilena Berpenguat Serat Sisal dan Serat Serabut Kelapa Untuk Material Komponen Otomotif”. Depok]

2.3 *Injection Molding*

Proses Injeksi molding adalah suatu proses pencetakan atau pembentukan material termoplastik dengan cara memanaskan material dalam keadaan yang sangat plastik hingga meleleh. Material dipaksa mengalir dengan tekanan tinggi kedalam rongga cetakan sampai membeku. Setelah dilakukan pendinginan, hasil cetakan dikelurakan dari rongga cetakan (Groover, 2010).

Didalam mesin injeksi molding terdapat 3 bagian utama (gambar 2.7) yaitu:

2.3.1 Clamping unit

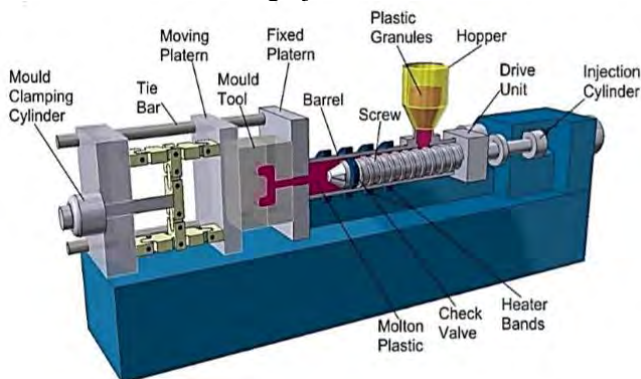
Clamping unit merupakan tempat untuk menyatukan molding. *Clamping system* sangat kompleks, dan di dalamnya terdapat mold (cetakan), dwelling untuk memastikan mold terisi penuh oleh resin, *injection* untuk memasukan resin melalui *sprue*, *ejection* untuk mengeluarkan hasil cetakan plastik dari molding.

2.3.2. Plasticizing unit

Plasticizing Unit merupakan bagian untuk memasukan pellet plastik (resin) dan pemanasan. Bagian dari *Plasticizing unit* : *Hopper* (untuk memasukan resin); *Screw* (untuk mencampurkan material supaya merata); *Barrel*; *Heater* dan *Nozzle*.

2.3.3. Drive unit

Drive unit untuk melakukan kontrol kerja dari *Injection Molding*, terdiri dari Motor untuk menggerakan screw; *Injection Piston* menggunakan *Hydraulic system* (sistem pompa) untuk mengalirkan fluida dan menginjeksi resin cair ke mold.



Gambar 2.7 Sistem Injeksi Molding

[Sumber : Gastrow. 2002. "Injection Mold: 130 Proven Designs – 3rd ed", Hansler Publisher, Munich]

Injection molding merupakan proses yang bersifat siklus, artinya langkah kerja yang sama dilakukan diulang-ulang secara terus menerus. Langkah kerja utama pada proses injeksi bisa dijelaskan sebagai berikut: (1) Kondisi cetakan (*clamp*) menutup. (2) Unit injeksi maju hingga antara *nozzle* merapat ke cetakan. (3) *Screw* berputar dan maju sehingga material plastik dengan tekanan dan temperatur tinggi diinjeksikan ke dalam *cavity* (4) Fase *Holding time*, merupakan waktu tunggu sampai material plastik membeku dan kaku sehingga siap dikeluarkan. (5) Unit injeksi kembali mundur dengan maksud agar *sprue* bush tidak terkena panas dari *nozzle*. (6) Ulir berputar dan mendorong material plastik ke dalam ruang pengumpul. Lalu ulir bergeser ke belakang. (7) Cetakan terbuka, produk serta *runner* dikeluarkan.

Adapun parameter control injeksi yang berpengaruh pada hasil produk adalah sebagai berikut :

1. *Injection Time* merupakan waktu pengisian plastik leleh sampai *cavity* terisi penuh oleh lelehan plastik. *Injection time* tidak cukup, menyebabkan *short shot*. *Short shot* merupakan suatu kondisi dimana, plastik leleh yang akan diinjeksikan kedalam *cavity* tidak mencapai kapasitas yang ideal.
2. *Injection Pressure* merupakan distribusi tekanan selama proses pengisian lelehan plastik, dimana *injection pressure* harus tepat, *injection pressure* yang terlalu tinggi akan menyebabkan cacat *flash*, dan ketika terlalu rendah menyebabkan *cavity* tidak terisi penuh (*short shot*).
3. *Clamping Force* merupakan gaya cekam mesin, dimana dalam mengatur *clamping force* harus tepat, *clamping force* terlalu besar akan mengakibatkan *air trap* (udara terjebak) di *cavity*, dan sebaliknya ketika terlalu rendah akan mengakibatkan cacat *flash*.
4. *injection velocity* berfungsi untuk mengatur injeksi material tiap mm/detik-nya. Semakin cepat *injection velocity* dapat menyebabkan produk dapat kelebihan material (*flash*). Sebaliknya apabila *injection velocity* terlalu lemah maka akan menyebabkan kurang material (*short shot*).

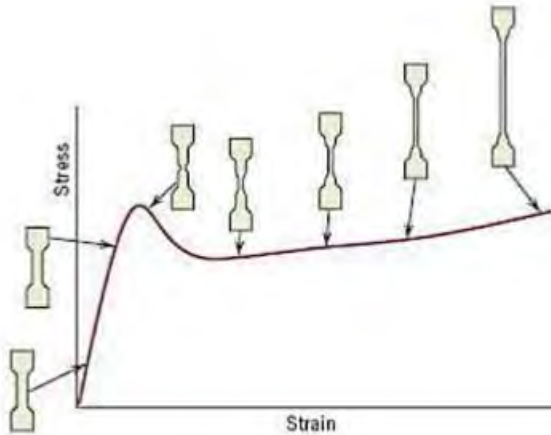
5. *Cooling time* adalah waktu yang diperlukan untuk mendinginkan produk setelah pengisian. Lamanya waktu pendinginan dihitung setelah *holding pressure* sampai waktu membuka. *Cooling time* terlalu cepat mengakibatkan *weld line* (pertemuan dua aliran yang sudah mulai dingin).
6. *Holding time* adalah waktu yang dibutuhkan untuk membentuk secara keseluruhan rongga cetak setelah terisi penuh, sampai tekanan akhir selesai dilakukan membentuk produk. *Holding time* berpengaruh terhadap kepadatan produk. Proses *holding* terjadi setelah *injection*. Semakin lama *holding time* maka produk akan lebih padat dan berat produk semakin besar. Penambahan *holding time* akan mengurangi cacat *weld line*.
7. *Holding Pressure* adalah tekanan yang dibutuhkan untuk membentuk secara keseluruhan rongga cetak setelah terisi penuh, sampai tekanan akhir selesai dilakukan membentuk produk. *Holding pressure* terlalu tinggi akan menyebabkan cacat *flash*. Penambahan *holding pressure* akan mengurangi cacat *weld line*.
8. *Barrel temprature* adalah temperatur yang berada diantara *nozzle temprature* dan *hopper temprature*. *Barrel temprature* terlalu tinggi menyebabkan cacat *sinkmark* (lekukan produk).

2.4 Uji Tarik (*Tensile Test*)

Pengujian tarik adalah salah satu metode pengujian material yang paling luas penggunaannya. Pada pengujian tarik, spesimen uji yang telah di standarisasi mengalami pembebanan satu sumbu (*uniaxial loading*) yang menyebabkan terjadinya deformasi baik elastis maupun plastis. Pada semua padatan, tegangan akan menimbulkan regangan elastis (deformasi elastis). Regangan elastis muncul ketika ada tegangan, tetap konstan apabila tegangannya konstan dan hilang apabila tegangannya dihilangkan.

Deformasi elastis adalah suatu regangan yang dapat kembali (*reversible*) seperti yang terlihat pada gambar 2.6. Jika suatu tegangan diberikan dalam bentuk tarik, material akan

menjadi sedikit lebih panjang, bila beban ditiadakan material tersebut akan kembali ke dimensi semula. Sebaliknya, bila material mengalami penekanan, material menjadi sedikit lebih pendek.



Gambar 2.8 Grafik deformasi tegangan-regangan
[Sumber: Sumaryono: “Perilaku Pengujian Tarik pada Polistiren dan Polipropilen”: 2012: 69]

Pada tegangan yang lebih tinggi terjadi pergeseran tetap dari atom-atom dalam suatu bahan disamping regangan elastis. Regangan ini tidak mampu kembali pada saat regangan ditiadakan, regangan ini disebut regangan plastis. Pada pemakaian produk, kita selalu menghindari terjadinya deformasi plastis sehingga perhitungan desain dilandaskan pada tegangan-tegangan di daerah elastis (proporsional).

Pada mesin uji tarik data output yang ada adalah hubungan antara gaya penarikan (F) dan perubahan panjang spesimen (ΔL). Dari hubungan antara Gaya penarikan dan perubahan panjang ini selanjutnya diperoleh parameter lainnya seperti regangan dan tegangan. Regangan (*strain*) merupakan perpanjangan persatuan panjang dan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$e = \frac{l_2 - l_1}{l_1} \dots\dots\dots (2.9)$$

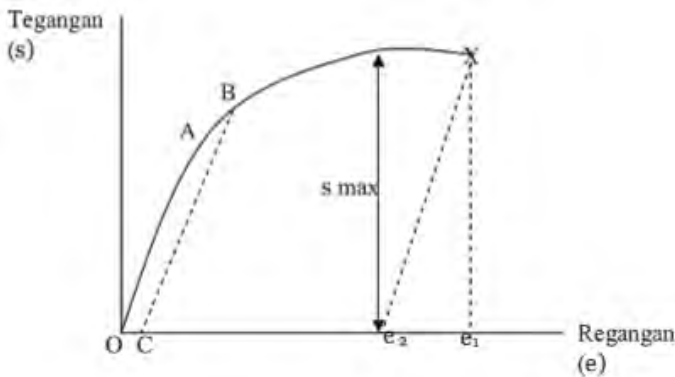
Dimana l_1 adalah panjang mula-mula dari spesimen dan l_2 adalah panjang akhir spesimen setelah penarikan. Dari regangan ini kita bisa mengetahui mampu bentuk suatu bahan. Semakin besar nilai regangan berarti bahan tersebut semakin baik mampu bentuknya. Disamping itu spesimen juga mendapatkan pembebanan (P) per satuan luas (A) yang disebut dengan tegangan, dan besarnya adalah sebagai berikut:

$$S = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.10)$$

Pada pengujian tarik akan dihasilkan diagram hubungan antara tegangan dan regangan. Nilai perbandingan tegangan dan regangan tersebut disebut Modulus Elastisitas yang didapat dari persamaan berikut:

$$E = \frac{S}{e} \dots\dots\dots(2.11)$$

Bentuk diagram tegangan-regangan pada tiap bahan adalah berbeda-beda, namun yang biasanya diperoleh dari pengujian tarik bahan yang ulet bisa dilihat pada gambar 2.9 berikut:



Gambar 2.9 Diagram tegangan-regangan uji tarik bahan ulet
[Sumber : Sumaryono: “Perilaku Pengujian Tarik pada Polistiren dan Polipropilen”: 2012: 70]

Bagian awal linear garis OA merupakan daerah elastis. Titik A ialah batas elastis yang didefinisikan sebagai tegangan

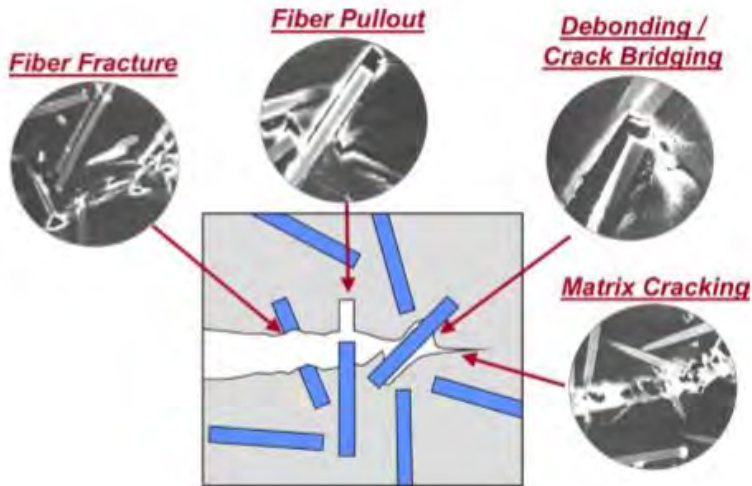
terbesar yang dapat ditahan oleh bahan tanpa mengalami regangan permanen apabila beban ditiadakan. Penentuan batas elastis cukup rumit, tergantung kepekaan instrument pengukur regangan. Itulah sebabnya mengapa batas elastis sering diganti dengan batas proporsional. Batas proporsional adalah tegangan dimana garis lengkung tegangan-regangan menyimpang dari kelinierannya. Titik B merupakan kekuatan luluh (*yield strength*) dimana tegangan yang akan menghasilkan deformasi permanen dalam jumlah kecil yang pada umumnya sama dengan regangan sebesar 0,2%. Dalam hal ini digunakan metode *off set*. Hal ini dilakukan dengan menarik garis sejajar dengan daerah proporsional pada jarak 0,2% atau titik C. Kemudian perpotongan antara garis *off set* dengan diagram ditentukan sebagai titik luluh bahan. Pada bahan yang bersifat ulet, biasanya setelah pembebanan dihilangkan, regangan total akan berkurang dari e_1 menjadi e_2 .

Berkurangnya regangan ini disebut *recoverable elastic strain*. Maka regangan yang diambil untuk menentukan *offset* adalah e_2 . Kekuatan tarik suatu bahan ditunjukkan oleh harga tegangan maksimum (s_{max}) kurva tegangan-regangan. Sedangkan tegangan patah adalah tegangan dimana spesimen mengalami patah.

2.5 Uji Impak (*Impact Test*)

Uji impak pada dasarnya adalah menguji ketangguhan, dilakukan dengan cara spesimen uji bertakik dipukul dengan energi (Joule, Kg.m atau ft.lb) tertentu secara tiba-tiba dan diukur berapa banyak energi yang digunakan untuk mematahkan spesimen uji tersebut. Pengujian ini berguna untuk melihat efek-efek yang ditimbulkan oleh adanya takikan, bentuk takikan, temperatur, dan faktor-faktor lainnya. Thostenson *et.al* dalam ilustrasi yang tersaji pada gambar 2.12 menyatakan bahwa, baik pada kasus material komposit berpenguat serat pendek maupun berpenguat panjang memiliki beberapa mekanisme pelapisan energi yang sama ketika memperoleh beban antara lain : perpatahan serat, pencabutan serat, *debonding* atau jembatan *crack* (serat tidak tercabut) serta *crack*

pada matrik, dimana jumlah energi pada masing-masing mekanisme adalah berbeda.



Gambar 2.10 Ilustrasi mekanisme penyerapan energi pada saat uji impak

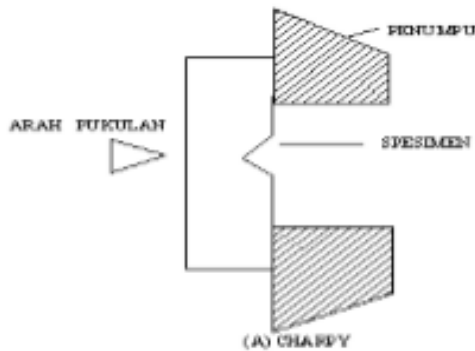
[Sumber : Thostenson ET, Li C, Chou TW.
(2005). *Nanocomposite in context, Composites Science and Technology*]

Untuk mengetahui besarnya nilai ketangguhan suatu material dapat dilakukan dua pengujian impak, yaitu sebagai berikut :

2.5.1. Metode Charpy

Merupakan cara pengujian dimana spesimen dipasang secara horizontal dengan kedua ujungnya berada pada tumpuan, sedangkan takikan pada specimen diletakkan di tengah-tengah dengan arah pembebanan tepat diatas takikan, dapat dilihat pada gambar 2.8b. Kelebihan dari metode ini adalah: (1) Pengerjaannya lebih mudah dipahami dan dilakukan, (2) Menghasilkan tegangan uniform di sepanjang penampang, (3) Harga alat lebih murah dan

(4) Waktu pengujian lebih singkat. Selain itu metode charpy juga memiliki kekurangan yaitu: (1) Hanya dapat dipasang pada posisi horizontal, (2) Spesimen dapat bergeser dari tumpuannya karena tidak dicekam, (3) Pengujian hanya dapat dilakukan pada specimen yang kecil (4) Hasil pengujian kurang dapat atau tepat dimanfaatkan dalam perancangan karena level tegangan yang diberikan tidak rata.



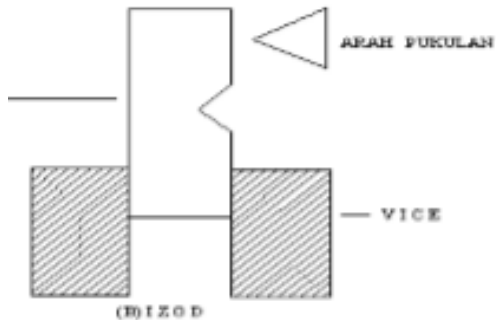
Gambar 2.11 Pengujian Impak metode Charpy

[Sumber : Wachid suherman, ir, 1987), *Pengetahuan bahan*, jurusan teknik mesin its]

2.5.2. Metode Izood

Merupakan cara dimana spesimen berada pada posisi vertikal pada tumpuan dengan salah satu ujungnya dicekam dengan arah takikan pada arah gaya tumbukan. Tumbukan pada specimen dilakukan tidak tepat pada pusat takikan melainkan pada posisi agak diatas dari takikan seperti yang tertera pada gambar 2.11. Kelebihan dari metode ini adalah: (1) Tumbukan tepat pada takikan karena benda kerja dicekam, (2) Dapat menggunakan specimen dengan ukuran yang lebih besar dan (3) Spesimen tidak mudah bergeser karena dicekam pada salah satu ujungnya. Selain itu metode izood juga memiliki kekurangan yaitu: (1) Biaya pengujian yang lebih mahal, (2) Pembebanan yang dilakukan hanya pada satu ujungnya, sehingga hasil yang diperoleh kurang baik dan (3)

Waktu yang digunakan cukup banyak karena prosedur pengujiannya yang banyak, mulai dari menjepit benda kerja sampai tahap pengujian.



Gambar 2.12 Pengujian Impak metode Izood

[Sumber : Wachid suherman, ir, 1987), *Pengetahuan bahan*, jurusan teknik mesin its]

Besarnya energi impact (joule) dapat dilihat pada skala mesin penguji. Sedangkan besarnya energi impact dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$E_0 = W.h_0$$

$$E_1 = W.h_1$$

$$\Delta E = E_0 - E_1$$

$$= W (h_0 - h_1) \dots\dots\dots (2.12)$$

Dari gambar 2.9 didapat :

$$h_0 = l - \cos \alpha$$

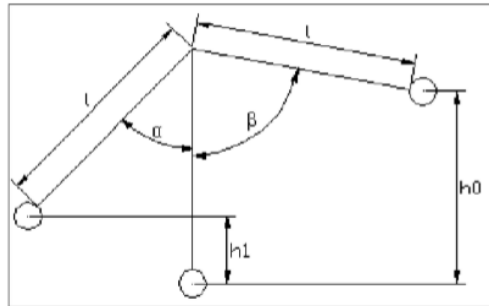
$$= l (1 - \cos \alpha) \dots\dots\dots (2.13)$$

$$h_1 = l - \cos \beta$$

$$= l (1 - \cos \beta) \dots\dots\dots (2.14)$$

Dengan substitusi persamaan (2.2) dan (2.3) pada (2.1) maka didapatkan :

$$\Delta E = W l (\cos\beta - \cos\alpha) \dots\dots\dots(2.15)$$



Gambar 2.13 Skema perhitungan uji impact
[Sumber : Wachid suherman, ir, 1987), *Pengetahuan bahan*,
jurusan teknik mesin its]

Dimana : E_0 = Energi awal (J)

E_1 = Energi akhir (J)

W = Berat bandul (N)

h_0 = Ketinggian bandul sebelum dilepas (m)

h_1 = Ketinggian bandul setelah dilepas (m)

l = Panjang lengan bandul (m)

α = Sudut awal

β = Sudut akhir

Untuk mengetahui kekuatan impact *impact strength* (I_s) maka energi *impact* tersebut harus dibagi dengan luas penampang efektif spesimen (A) sehingga :

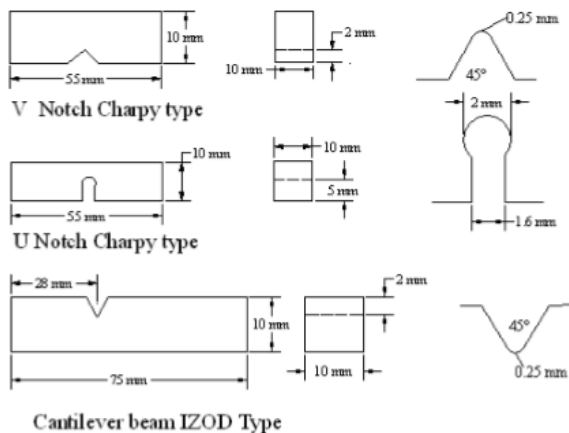
$$I_s = \frac{\Delta E}{A}$$

$$I_s = \frac{W l (\cos\beta - \cos\alpha)}{A} \dots\dots\dots(2.16)$$

Pada suatu konstruksi, keberadaan takik atau notch memegang peranan yang amat berpengaruh terhadap kekuatan

impact. Adanya takikan pada kerja yang salah seperti diskontinuitas pada pengelasan, atau korosi lokal bisa bersifat sebagai pemusat tegangan (*stress concentration*). Adanya pusat tegangan ini dapat menyebabkan material *brittle* (getas), sehingga patah pada beban di bawah *yield strength*.

Ada tiga macam bentuk takikan menurut standart ASTM pada pengujian impact yakni takikan *type A (V)*, *type B (key hole)* dan *type C (U)* sebagaimana ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.14 Macam-macam bentuk takikan pada spesimen uji impact

[Sumber : Wachid suherman, ir, 1987), *Pengetahuan bahan, jurusan teknik mesin its*]

2.6 Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk mengamati permukaan objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10 – 3.000.000 kali, depth of field 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm. Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, depth of field yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak

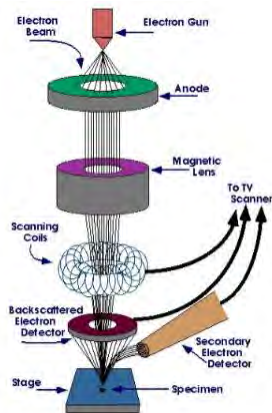
digunakan untuk keperluan penelitian dan industri (Prasetyo, 2011). Anonymous (2012) menambahkan, SEM memfokuskan sinar elektron (electron beam) di permukaan obyek dan mengambil gambarnya dengan mendeteksi elektron yang muncul dari permukaan obyek.

Pada *Scanning Electron Microscope* (SEM) terdapat beberapa peralatan utama antara lain :

1. Pistol elektron, biasanya berupa filamen yang terbuat dari unsur yang mudah melepas elektron misal tungsten.
2. Lensa untuk elektron, berupa lensa magnetis karena elektron yang bermuatan negatif dapat dibelokkan oleh medan magnet.
3. Sistem vakum, karena elektron sangat kecil dan ringan maka jika ada molekul udara yang lain elektron yang berjalan menuju sasaran akan terpecah oleh tumbukan sebelum mengenai sasaran sehingga menghilangkan molekul udara menjadi sangat penting.

Prinsip kerja dari *Scanning Electron Microscope* (SEM) adalah sebagai berikut :

1. Sebuah pistol elektron memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda.
2. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel.
3. Sinar elektron yang terfokus memindai (scan) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
4. Ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (CRT).



Gambar 2.15 Skema *Scanning Electron Microscope* (SEM)
 [Sumber : <https://www.purdue.edu/ehps/rem/rs/graphics/sem>]

Pada gambar 2.16 adalah penelitian dari Rosa (2009) kandungan sekam padi sebesar 20% dengan dan tanpa ditambahkan MAPP. Komposit yang tidak sejenis akan menimbulkan presense of *voids* antara partikel dan matrik polimer. Dari gambar a dan b dapat dilihat bahwa adanya MAPP mengurangi terjadinya *voids sizes* dan memperlihatkan permukaan yang homogen serta menimbulkan gaya adesi pada permukaan.



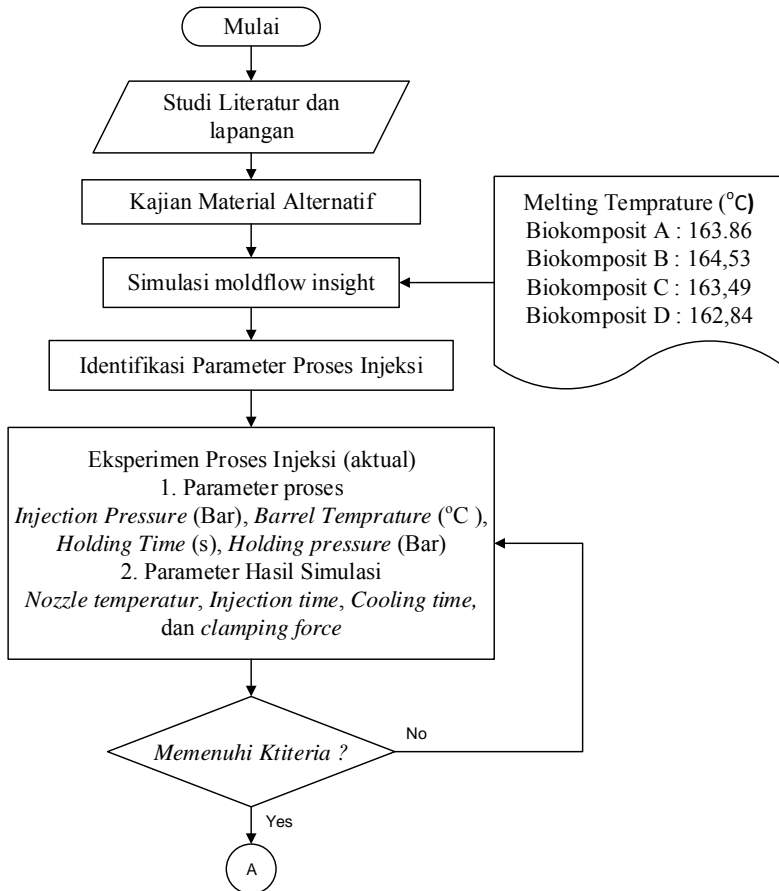
Gambar 2.16 Hasil SEM dari proses *hot press polypropylene* dan serat sisal

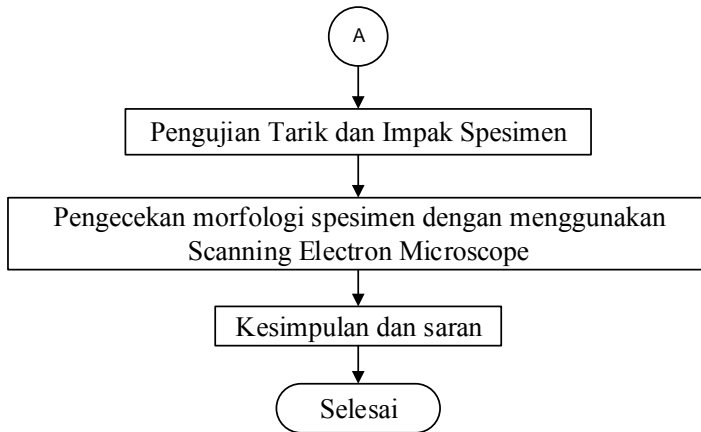
[Sumber : P. Sudhakara: "Fabrication of borassus fruit lignocellulose fiber/PP composite and comparison with jute, sisal, and coir": 2013]

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Untuk melakukan suatu penelitian dan analisis pengaruh variasi komposisi material alternatif dan parameter proses mesin injeksi molding terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impak, terdapat beberapa tahapan yang ditunjukkan pada diagram alir berikut ini:





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Tahap-Tahap Penelitian

Tahapan yang digunakan dalam penelitian simulasi parameter proses mesin injeksi molding tanpa cacat *flash* dan *short shot* adalah sebagai berikut:

3.2.1 Studi Literatur dan Lapangan

Literatur yang dipelajari dalam penelitian studi eksperimental ini meliputi proses injeksi molding plastik, sifatsifat plastik, sifat-sifat material biokomposit, pengujian tarik, pengujian dampak serta optimasi parameter injeksi dengan software moldflow yang didapat dari berbagai sumber jurnal dan buku. Studi lapangan untuk mempelajari mesin injeksi yang tersedia di jurusan teknik mesin ITS dan hal-hal lain yang berkaitan dengan simulasi material alternatif biokomposit.

3.2.2 Material Alternatif Biokomposit

Material yang dipilih adalah pencampuran antara *polypropylene* (PP), serat sisal dan *Maleic Anhydride Grafted Polypropylene* (MAPP) yang didapat dari penelitian saudara Arif

(2017). Empat komposisi material tersebut dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Komposisi Material Biokomposit

No	Biokomposit	PP (%Wt)	Serat Sisal (%Wt)	MAPP (%Wt)	Melting Temperature (°C)
1	A	90	5	5	163,86
2	B	85	10	5	164,53
3	C	80	15	5	163,49
4	D	75	20	5	162,84

Dari penelitian saudara arif (2017) didapat komposisi yang paling baik, yaitu biokomposit B, dikarenakan dari hasil DSC (*differential scanning calorimetry*) biokomposit B memiliki melting tempratur yang paling tinggi yaitu 164.53 °C dan jumlah voidnya 6.97% sampai 11.75 %.

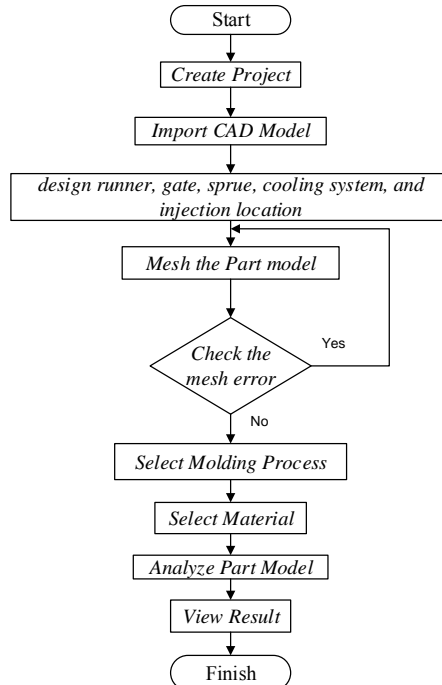
3.2.3 Simulasi Software Moldflow Insight

Simulasi proses injeksi plastik menggunakan *software* Moldflow Insight 2016 dan penelitian ini menggunakan jenis *meshing* dual-domain. Data diambil dari *shrinkage* yang paling minimal sebagai panduan awal dalam proses analisis moldflow. Produk dianalisa bagian strukturnya dengan cara *meshing* yaitu membagi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil yang elemennya berupa segitiga. Jenis *meshing* yang diambil adalah dual-domain yaitu menghitung produk dengan menggabungkan permukaan model untuk menentukan jumlah elemen. Dalam tahap ini juga dicari aspect ratio yang paling baik agar proses injeksi lebih optimal dan meminimalkan cacat.

Analisis filling dan packing dilakukan untuk menentukan pembekuan material yang seragam. Dalam proses ini dapat dilakukan optimasi packing untuk memperoleh *cycle time* yang lebih baik. Volumetrik shrinkage juga diperoleh dan dianalisa hasilnya sehingga sesuai dengan tuntutan yang diminta. Kemudian, analisis *cooling* dilakukan untuk mentukan sistem pendingin (*cooling*). Dengan analisis cooling ini, kita dapat mengetahui

seberapa efektif pendinginan yang diberikan terhadap proses injeksi.

3.2.4 Diagram Alir Simulasi



Gambar 3.2 Diagram Alir Simulasi

3.2.5 Tahap Simulasi Proses Injeksi

Tahap-tahap yang dilakukan pada saat simulasi proses injeksi menggunakan *software autodesk moldflow insight* adalah sebagai berikut :

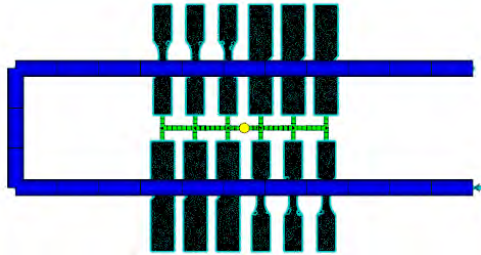
1. Create a project
Untuk memulai sebuah *project* pada software ini, maka diawali dengan *create a project* menggunakan perintah *new project*.

2. *Import CAD model*

Melakukan langkah *import* untuk membuka model produk yang telah dibuat dengan *software* CAD dalam format *.stl

3. *Design runner, gate, sprue, cooling system, and injection location*

Mendesain cavity seperti insert mold pada injeksi molding mesin HA HAITIAN MA type 900/260 e seperti pada gambar dibawah ini :



Gamabar 3.3 *Design cavity*

Tabel 3.2 Spesifikasi *Cavity*

Spesifikasi	Panjang / <i>Type</i>
<i>Runner</i> (mm)	3
<i>Gate</i> (mm)	2
<i>Sprue</i> (mm)	<i>Circural tapered start diameter 2, end diameter 6</i>
Tebal Plat A (mm)	60
Tebal Plat B (mm)	30
Panjang (mm)	180
Lebar (mm)	180
Mold Material	<i>Tools Steel P-20</i>

Pada tabel 3.2 Untuk channel dimension (*runner, gate dan sprue*) dan mold dimension (tebal plat A, tebal

plat B, panjang dan lebar) diperoleh dari pengukuran langsung base mold mesin injeksi Haitian MA900e.

4. *Mesh the part model*

Melakukan evaluasi terhadap kemungkinan *error* pada waktu dilakukan *meshing*.

5. *Check the mesh error*

Melakukan evaluasi terhadap kemungkinan terjadinya *error* pada waktu dilakukan *meshing*

6. *Select the molding process*

Pada tahap ini ditentukan jenis proses yang akan dilakukan, yaitu *thermoplastic injection molding* dan menentukan rangkaian analisis yang disebut *analysis sequence*.

7. *Select a Material*

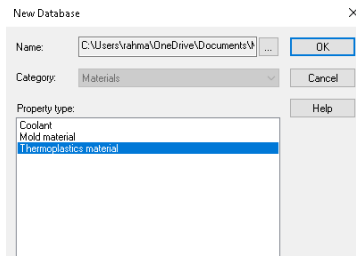
Dilakukan untuk menentukan material biokomposit yang akan digunakan dalam proses analisa. Berikut adalah cara pembuatan material baru pada Moldflow Insight :

- a. Klik menu *tools* pada moldflow, seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.4 Menu *tools* pada moldflow

- b. Klik *New database, Thermoplastic material* dimaksudkan untuk membuat data base baru dari material termoplastik, kemudian kan muncul tampilan seperti gambar dibawah ini.



Gambar 3.5 New data base moldflow

- c. Kemudian muncul tabulasi *properties*, dan pilih *new*.
- d. Muncul menu seperti gambar dibawah, dimana terdapat karakteristik dari material bawaan moldflow yaitu *polypropylene*.

Thermoplastics material

Mechanical Properties	Shrinkage Properties	Filler / Fiber	Environmental Impact	Quality Indicators
Description	Recommended Processing	Rheological Properties	Thermal Properties	pvT Properties
Family name	Blokompast B6			
Trade name	Generic PP			
Manufacturer	Generic Default			
Link	www.autodesk.com			
Family abbreviation	PP			
Material structure	Crystalline			
Data source	Autodesk Moldflow Plastics Labs : pvT-Measured : mech-Measured			
Date last modified	14-AUG-12			
Date tested	15-AUG-12			
Data status	Non-Confidential			
Material ID	10902			
Grade code	CM10902			
Supplier code	CNPC			
Fibers/fillers	10% Sisal Fiber Filled			

Gambar 3.6 Tampilan tabulasi *thermoplastic* material

- e. Selanjutnya mengganti material tersebut sehingga sesuai dengan kebutuhan material yang kita butuhkan, dengan cara memasukan data *elastic modulus* pada menu *mechanical properties*, data kandungan serat sisal pada menu *filler properties* yaitu dengan memilih sisal *fiber* (serat sisal) dan memasukan prosentase kandungannya dan melt temprature pada menu *recommended processing*. Semua data yang dibutuhkan ada di tabel dibawah ini.

Tabel 3.3 Data masukan karakteristik material simulasi

No	Material	Sisal Fibres %Wt	Elastic Modulus (Mpa)	Melt Temprature °C
1	Biokomposit A	5	1970	163,86
2	Biokomposit B	10	2375	164,53
3	Biokomposit C	15	2780	163,49
4	Biokomposit D	20	3186	162,84

8. *Analyze part model*

Merupakan perintah untuk menjalankan analisa terhadap model yang dirancang.

9. *View the result*

Dilakukan untuk mengetahui hasil dari analisa yang telah dilakukan.

3.2.6 Identifikasi Parameter Proses Injeksi

Parameter proses injeksi ditetapkan atas dasar pertimbangan dari hasil optimasi simulasi moldflow insight 2016 dan keadaan aktual mesin injeksi yang berada pada workshop Teknik Mesin ITS. Dengan penetapan parameter proses injeksi yang tepat, nantinya akan mendapatkan produk yang minim akan cacat dan memiliki kekuatan mekanik yang baik.

3.2.7 Eksperimen Proses Injeksi

3.2.7.1 Mesin Injeksi Molding

Mesin injeksi molding yang digunakan dalam penelitian ini adalah HAITIAN-MA900/260e yang berada di *workshop* manufaktur Teknik Mesin FTI-ITS. Mesin tersebut memiliki kemampuan clamp tonnage sebesar 900kN serta *maximum injection pressure* sebesar 140 bar dengan daya tampung material sebanyak 25 kg. Spesifikasi dari mesin injeksi molding tersebut ditampilkan pada tabel 3.4 yang didapat berdasarkan katalog HAITIAN MARS series.

Tabel 3.4 Spesifikasi mesin injection molding HAITIAN MA type 900/260 e

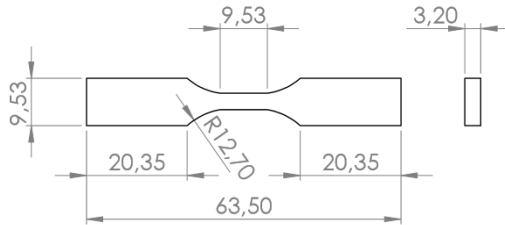
		MA900 II /260e		
INJECTION UNIT		A	B	C
Screw diameter	mm	32	36	40
Screw L/D ratio	L/D	22.5	20	18
Shot size (theoretical)	cm ³	121	153	188
Injection weight (PS)	g	110	139	171
Injection rate (PS)	g/s	77	98	121
Injection pressure	MPa	218	173	140
Plasticizing rate (PS)	g/s	10.1	13.3	16.1
Screw speed	rpm		0-230	
CLAMPING UNIT				
Clamp force/mg	kN		900	
Toggle stroke	mm		320	
Space between tie bars	mm		360×360	
Max. mold height	mm		380	
Min. mold height	mm		150	
Ejector stroke	mm		100	
Ejector force	kN		33	
OTHERS				
Max. pump pressure	MPa		16	
Pump motor power	kW		11	
Heater power	kW		6.3	
Machine dimension (l × w × h)	m		4.4 × 1.13 × 1.91	
Machine weight	t		3.5	
Hopper capacity	kg		25	
Oil tank capacity	l		190	



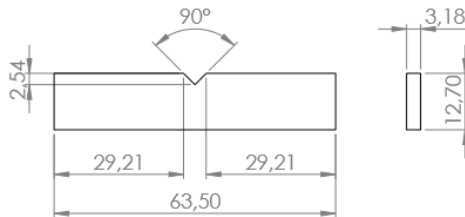
Gambar 3.7 Mesin injeksi molding yang berada di *workshop* Teknik Mesin ITS

3.2.7.2 Pelaksanaan Eksperimen Proses Injeksi

Dalam studi eksperimen ini, bentuk dari spesimen yang akan diuji adalah spesimen uji tarik ASTM D638-03 Tipe V (gambar 3.8) dan spesimen uji impak ASTM D256-4 (gambar 3.9) dengan replikasi sebanyak 3 kali. Material biokomposit dicetak dengan menggunakan mesin injeksi molding.



Gambar 3.8 Spesimen uji tarik ASTM D638-03 Tipe V



Gambar 3.9 Spesimen uji impak ASTM D256-04

Dengan langkah-langkah pembuatan spesimen sebagai berikut:

1. Menyalakan saklar utama
2. Memastikan mesin dalam kondisi normal
3. Menyalakan motor dan membuka kemudian menutup safety door
4. Memastikan mold base dalam kondisi baik dan bersih
5. Memastikan reservoir pada cooling tower terisi penuh
6. Memasukan material biokomposit kedalam hopper
7. Menyalakan heater
8. Mensetting parameter proses yang dikehendaki, mulai dari temperatur nozel, waktu penahanan, waktu pendinginan dan tekanan injeksi
9. Menunggu hingga elemen pemanas pada nozel mencapai suhu yang dikehendaki
10. Mendorong unit injeksi hingga menyentuh locating ring pada mold base

11. Mensetting baut pengaman pada tempatnya serta menutup pelindung dari nozel
12. Mulai menjalankan eksperimen
13. Pengamatan bentuk fisik spesimen hasil ineksi
14. Setelah pembuatan 3 kali replikasi, mengulangi dari langkah ke 6 hingga 13 sampai keempat material biokomposit

3.2.7.3 Parameter Proses

Parameter proses disebut juga dengan variabel bebas yaitu variabel yang dapat dikendalikan dan nilainya dapat ditentukan oleh peneliti. Parameter proses cetakan injeksi pada penelitian ini terdiri dari 4 faktor yang masing-masing faktor divariasikan, faktor parameter proses diantaranya, *injection pressure*, *barrel temprature*, *holding time*, dan *holding pressure*. Pemilihan parameter tersebut dikarenakan sangat berpengaruh dalam cacat flash. Dari penelitian sudhakara (2013) menggunakan parameter *injection pressure* dan *barrel temprature*.

3.2.7.4 Parameter Hasil Simulasi

Parameter hasil simulasi merupakan parameter yang tidak divariasikan dalam percobaan aktual. Nilai ini didapat dari hasil simulasi moldflow insight. Adapun parameter hasil simulasi pada penelitian ini adalah *hopper temperature*, *nozzle temperatur*, *injection pressure*, *injection time*, *cooling time*, dan *clamping force*.

3.2.8 Kriteria Spesimen Yang Baik

Spesimen baik yang dimaksud adalah spesimen yang tidak mengalami cacat *flash* dan *short short*. Jika hasil injeksi spesimen mengalami cacat flash maka parameter yang harus disetting ulang adalah *injection pressure*, dan *Holding pressure*, dengan cara menurunkan *injection pressure* dan *holding pressure*. Jika hasil

injeksi spesimen mengalami cacat *short shot*, maka harus menambah injection pressure sampai injeksi spesimen tidak mengalami cacat *flash* dan *short shot*. Cacat tersebut dapat merubah geometri dari Standart ASTM uji tarik dan impak. Jadi pengujian yang dilakukan kurang valid. Untuk mendapatkan spesimen dengan densitas yang tinggi harus meningkatkan *holding time* berkisar antara 10-15 detik.

3.2.9 Pengujian Tarik dan Impak Spesimen

3.2.9.1 Uji Tarik

Pada penelitian ini mesin uji tarik yang digunakan adalah AUTOGRAPH AG-10TE. Mesin tersebut berada di laboratorium Farmasi UNAIR seperti yang ditampilkan pada gambar 3.10 Mesin ini memiliki kapasitas beban sebesar 100 kN.



Gambar 3.10 Mesin uji tarik AUTOGRAPH AG-10TE

Adapun langkah-langkah dari pengujian tarik sebagai berikut:

1. Meletakkan clamp pada mesin uji tarik serta menguatkannya dengan baut mesin.

2. Mengendurkan *clamp* mesin uji tarik.
3. Meletakkan spesimen uji tarik ASTM D638-03 *Tipe V* pada clamp serta menguatkannya.
4. Mengkalibrasi penunjuk beban tarik.
5. Menekan tombol *UP*, sehingga *clamp* bagian atas bergerak hingga mengakibatkan spesimen uji tarik mulur dan putus.
6. Melihat indikator penunjuk beban tarik untuk mengetahui berapa *kilopound* yang diberikan pada spesimen agar spesimen putus.
7. Melihat perpanjangan dengan pengurangan posisi awal terhadap posisi akhir.
8. Pencatatan beban tarik dan pertambahan panjang yang terjadi

3.2.9.2 Uji Impak

Mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin *Mini Impact Tester tipe Charpy* dengan kapasitas 0,5-22 J seperti yang ditampilkan pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Mesin *Mini Impact Tester tipe Charpy*
Langkah-langkah pengujian impact:

1. Pengkalibrasian mesin uji impact.

2. Meletakkan spesimen uji impak ASTM D6110 dengan posisi horizontal pada tempatnya sesuai dengan metode charpy serta melekatkannya dengan plastisin.
3. Menggerakkan pendulum mesin uji impak hingga posisi 90° (sudut α) terhadap posisi vertikal mesin, merupakan posisi awal pendulum.
4. Melepaskan pendulum hingga akhirnya pendulum membentur spesimen.
5. Melihat dan mencatat indikator sudut pendulum setelah terjadi pembenturan sebagai sudut β , merupakan posisi akhir pendulum.
6. Menghitung energi patahan dengan cara mengkalikan massa pendulum dengan perbedaan posisi pendulum akhir dengan posisi pendulum awal.

3.2.10 Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Pengujian ini dilakukan untuk mengkarakterisasi morfologi serta bentuk partikel dari hasil patahan pengujian impak spesimen material biokomposit. SEM yang digunakan pada penelitian kali ini adalah Phenom ProX dengan spesifikasi perbesaran antara $80\times$ sampai $130000\times$ dan acceleration voltages 4.8 kV-15kV. Mesin pengujian SEM dapat dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 Mesin uji SEM Phenom ProX

3.2.11 Analisa Hasil Eksperimen

Pengolahan data hasil eksperimen dilakukan dengan menganalisa kekuatan tarik dan impak dari material biokomposit yang terbaik. Dimana material biokomposit terbaik adalah material yang memiliki kekuatan tarik dan impak mendekati *polypropylene* serta memiliki kandungan serat sisal yang terbanyak dan bisa dilakukan proses injeksi, namun menunjukkan sedikit cacat pada simulasi maupun aktual dari proses injeksi.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

SIMULASI DAN IDENTIFIKASI PARAMETER PROSES INJEKSI

4.1 Hasil Simulasi Proses Injeksi Spesimen

Simulasi ini dilakukan menggunakan *software* moldflow insight 2016, dimana tujuan dari simulasi ini adalah mencari parameter yang tepat dan minim cacat. Parameter proses yang diperoleh dari *software* ini adalah *mold surface*, *injection time*, *injection pressure*, *clamp force*, *sinkmark depth*, *temprature at flow front*, *cooling time*, dan *shrinkage*. Adapun hasilnya ditabelkan seperti dibawah ini:

4.1.1 Hasil Simulasi Parameter Proses Injeksi Biokomposit A

Setelah dilakukan simulasi dengan moldflow insight 2016, didapat parameter proses injeksi yang paling optimal. Tabel 4.1 dbawah ini merupakan hasil simulasi biokomposit A , dimana komposisi materialnya 5% serat sisal, 5%MAPP, dan 90% polypropylene.

Tabel 4.1 Simulasi parameter proses injeksi biokomposit A

No	Mold Surface (C)	Injection Time (s)	Injection Pressure (Mpa)	Clamp Force (Tonne)	Sinkmark Depth (mm)	Temprature at Flow Front (C)	Shrinkage (%)
1	10	1,6	29,72	16,49	0,0615	172,78	2,74
2	10	2,4	28,26	16,51	0,046	172,72	2,2
3	10	1,6	29,72	16,49	0,0615	172,78	2,74
4	10	2,4	28,26	16,51	0,046	172,72	2,2
5	50	1,6	26,63	15,18	0,0497	172,68	1,88
6	50	2,4	26,46	14,92	0,0604	172,69	2,25
7	50	1,6	26,63	15,18	0,0497	172,68	1,88

8	50	2,4	26,46	14,92	0,0604	172,69	2,25
9	10	1,6	29,72	16,49	0,0615	172,78	2,74
10	10	2,4	28,26	15,89	0,0604	172,72	2,72
11	10	1,6	29,72	17,09	0,0466	172,78	2,21
12	10	2,4	28,26	16,51	0,046	172,72	2,2
13	50	1,6	26,63	14,67	0,0644	172,68	2,33
14	50	2,4	26,46	14,92	0,0604	172,69	2,25
15	50	1,6	26,63	15,18	0,0497	172,68	1,88
16	50	2,4	26,46	15,62	0,0497	172,69	1,85
17	10	2	29,08	16,66	0,0527	172,04	2,42
18	50	2	26,03	14,59	0,0543	172,09	2,05
19	30	2	28,73	16,38	0,0589	172,02	2,45
20	30	2	28,73	17,03	0,0464	172,02	2,01
21	30	1,6	27,62	15,43	0,0528	172,69	2,32
22	30	2,4	27	15,52	0,0525	172,69	2,24
23	30	2	28,73	16,7	0,0533	172,02	2,23

Parameter proses injeksi yang memiliki cacat shrinkage yang paling minimal adalah parameter nomer 16 dengan shrinkage 1,85 %, mold surface 50 °C, Injection time 2,4 sekon, injection pressure 26,43 Mpa, clamp force 15,62 ton, sinkmark depth 0,0497 mm, dan temprature at flow front 172,69 °C.

4.1.2 Hasil Simulasi Parameter Proses Injeksi Biokomposit B

Untuk tabel 4.2 merupakan hasil simulasi biokomposit B, dengan komposisi materialnya 10% serat sisal, 5%MAPP, dan 85% polypropylene.

Tabel 4.2 Simulasi parameter proses injeksi biokomposit B

No	Mold Surface (C)	Injection Time (s)	Injection Pressure (Mpa)	Clamp Force (Ton)	Sinkmark Depth (mm)	Temperature at Flow Front (C)	Shrinkage (%)
1	10	1,6	29,11	16,35	0,0642	174,54	2,81
2	10	2,4	28,1	16,02	0,0461	173,27	2,2
3	10	1,6	29,11	16,35	0,0642	174,54	2,81
4	10	2,4	28,1	16,02	0,0461	173,27	2,2
5	50	1,6	26,35	14,83	0,0501	174,37	1,91
6	50	2,4	26,43	14,73	0,0605	173,25	2,25
7	50	1,6	29,11	14,83	0,0501	174,37	1,91
8	50	2,4	26,43	14,73	0,0605	173,25	2,25
9	10	1,6	29,11	16,35	0,0642	174,54	2,81
10	10	2,4	28,1	15,4	0,0609	173,27	2,71
11	10	1,6	29,11	16,89	0,0472	174,54	2,23
12	10	2,4	28,1	16,02	0,0461	173,27	2,2
13	50	1,6	26,35	14,37	0,0645	174,37	2,4
14	50	2,4	26,43	14,73	0,0605	173,25	2,25
15	50	1,6	26,35	14,83	0,0501	174,37	1,91
16	50	2,4	26,43	15,46	0,0494	173,25	1,8
17	10	2	28,83	16,29	0,0533	173,23	2,44
18	50	2	25,77	15,72	0,0541	173,19	2,07
19	30	2	28,43	16,05	0,0584	173,16	2,49
20	30	2	28,43	16,74	0,0464	173,16	2,01
21	30	1,6	27,22	15,06	0,0534	174,51	2,36
22	30	2,4	26,9	15,27	0,0527	173,29	2,27
23	30	2	28,43	16,38	0,0533	173,16	2,25

Parameter proses injeksi yang memiliki cacat shrinkage yang paling minimal adalah parameter nomor 16 dengan shrinkage 1,8 %, mold surface 50 °C, Injection time 2,4 sekon, injection pressure 26,4 Mpa, clamp force 15,46 ton, sinkmark depth 0,0494 mm, dan temprature at flow front 173,25 °C.

4.1.3 Hasil Simulasi Parameter Proses Injeksi Biokomposit C

Untuk tabel 4.3 merupakan hasil simulasi biokomposit C, dengan komposisi materialnya 15% serat sisal, 5%MAPP, dan 80% polypropylene.

Tabel 4.3 Simulasi parameter proses injeksi biokomposit C

No	Mold Surface (C)	Injection Time (s)	Injection Pressure (Mpa)	Clamp Force (Tonne)	Sinkmark Depth (mm)	Temperature at Flow Front (C)	Shrinkage (%)
1	10	1,6	29,65	16,49	0,0616	173,28	2,76
2	10	2,4	28,45	16,58	0,0457	171,88	2,17
3	10	1,6	29,65	16,49	0,0616	173,28	2,76
4	10	2,4	28,45	16,58	0,0457	171,88	2,17
5	50	1,6	26,61	15,1	0,0499	173,14	1,89
6	50	2,4	27,45	15,54	0,0572	171,8	2,2
7	50	1,6	26,61	15,1	0,0499	173,14	1,88
8	50	2,4	27,45	15,54	0,0572	171,8	2,2
9	10	1,6	29,65	16,49	0,0616	173,28	2,76
10	10	2,4	28,45	15,97	0,0595	171,88	2,67
11	10	1,6	29,65	17,1	0,0463	173,28	2,2
12	10	2,4	28,45	16,58	0,0457	171,88	2,17
13	50	1,6	26,61	14,7	0,0602	173,14	2,33

14	50	2,4	27,45	15,54	0,0572	171,8	2,2
15	50	1,6	26,61	15,1	0,0499	173,14	1,89
16	50	2,4	27,12	16,26	0,047	171,8	1,8
17	10	2	28,88	16,23	0,0511	172,44	2,35
18	50	2	25,95	14,66	0,0541	172,36	2,05
19	30	2	28,63	15,97	0,059	172,43	2,46
20	30	2	28,63	16,63	0,0467	172,43	2,01
21	30	1,6	27,5	15,37	0,053	173,32	2,33
22	30	2,4	27,35	15,35	0,0519	171,84	2,21
23	30	2	28,63	16,3	0,0532	172,43	2,24

Parameter proses injeksi yang memiliki cacat shrinkage yang paling minimal adalah parameter nomer 16 dengan shrinkage 1,8 %, mold surface 50 °C, Injection time 2,4 sekon, injection pressure 27,45 Mpa, clamp force 16,26 ton, sinkmark depth 0,047 mm, dan temprature at flow front 171,8 °C.

4.1.4 Hasil Simulasi Parameter Proses Injeksi Biokomposit D

Untuk tabel 4.4 merupakan hasil simulasi biokomposit D, dengan komposisi materialnya 20% serat sisal, 5%MAPP, dan 75% polypropylene.

Tabel 4.4 Simulasi parameter proses injeksi biokomposit D

No	Mold Surface (C)	Injection Time (s)	Injection Pressure (Mpa)	Clamp Force (Tonne)	Sinkmark Depth (mm)	Temperature at Flow Front (C)	Shrinkage (%)
1	10	1,6	29,52	16,6	0,0626	172,83	2,74
2	10	2,4	28,32	16,49	0,0457	171,89	2,18
3	10	1,6	29,52	16,6	0,0626	172,83	2,74
4	10	2,4	28,32	16,49	0,0457	171,89	2,18

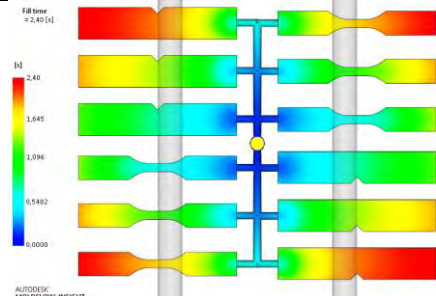
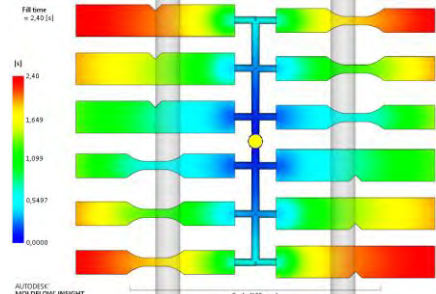
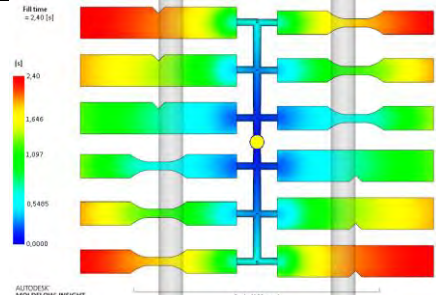
5	50	1,6	26,82	15,29	0,0498	172,45	1,85
6	50	2,4	27,12	15,31	0,0587	171,29	2,21
7	50	1,6	26,82	15,29	0,0498	172,45	1,85
8	50	2,4	27,12	15,31	0,0587	171,29	2,21
9	10	1,6	29,52	16,6	0,0626	172,83	2,74
10	10	2,4	28,32	15,88	0,0597	171,89	2,69
11	10	1,6	29,52	17,15	0,0467	172,83	2,2
12	10	2,4	28,32	16,49	0,0457	171,89	2,18
13	50	1,6	26,82	14,79	0,0596	172,45	2,3
14	50	2,4	27,12	15,31	0,0587	171,29	2,21
15	50	1,6	26,82	15,29	0,0498	172,45	1,85
16	50	2,4	27,45	16,03	0,0483	171,29	1,8
17	10	2	29	16,5	0,0529	171,74	2,43
18	50	2	26,11	14,69	0,0541	171,65	2,04
19	30	2	28,74	16,36	0,0587	171,73	2,44
20	30	2	28,74	16,99	0,0462	171,73	2
21	30	1,6	27,65	15,55	0,0528	172,54	2,31
22	30	2,4	27,38	15,52	0,0521	171,44	2,23
23	30	2	28,74	16,67	0,0531	171,73	2,22

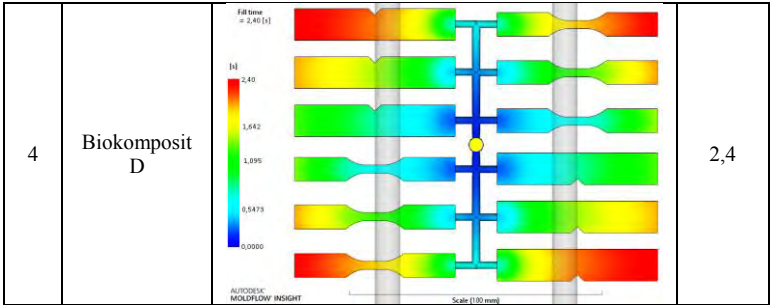
Parameter proses injeksi yang memiliki cacat shrinkage yang paling minimal adalah parameter nomer 16 dengan shrinkage 1,82 %, mold surface 50 °C, Injection time 2,4 sekon, injection pressure 27,12 Mpa, clamp force 16,03 ton, sinkmark depth 0,0483 mm, dan temprature at flow front 171,29 °C.

4.1.5 Hasil Simulasi Fill Time

Fill time menunjukkan waktu yang diperlukan material biokomposit untuk mengisi seluruh rongga cetakan selama waktu penginjeksian.

Tabel 4.5 Hasil simulasi *filltime*

No	Material	Hasil Simulasi	Fill Time [s]
1	Biokomposit A	 <p>Fill time ≈ 2.40 [s]</p> <p>0.0000 0.5482 1.096 1.645 2.40 [s]</p> <p>AUTODESK MOLDFLOW INSIGHT</p>	2,4
2	Biokomposit B	 <p>Fill time ≈ 2.40 [s]</p> <p>0.0000 0.5497 1.099 1.649 2.40 [s]</p> <p>AUTODESK MOLDFLOW INSIGHT</p> <p>Scale (100 mm)</p>	2,4
3	Biokomposit C	 <p>Fill time ≈ 2.40 [s]</p> <p>0.0000 0.5485 1.097 1.646 2.40 [s]</p> <p>AUTODESK MOLDFLOW INSIGHT</p> <p>Scale (100 mm)</p>	2,4

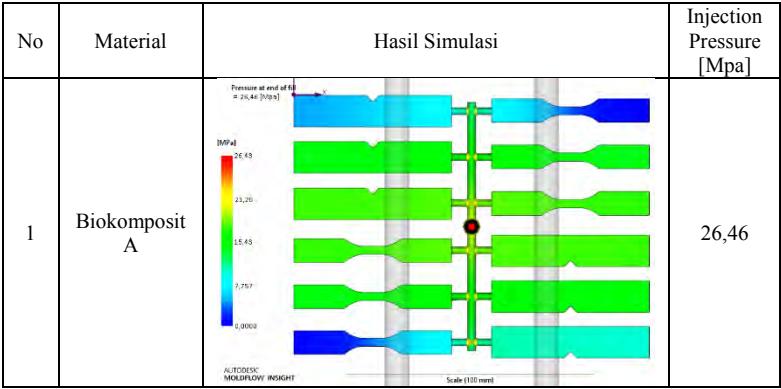


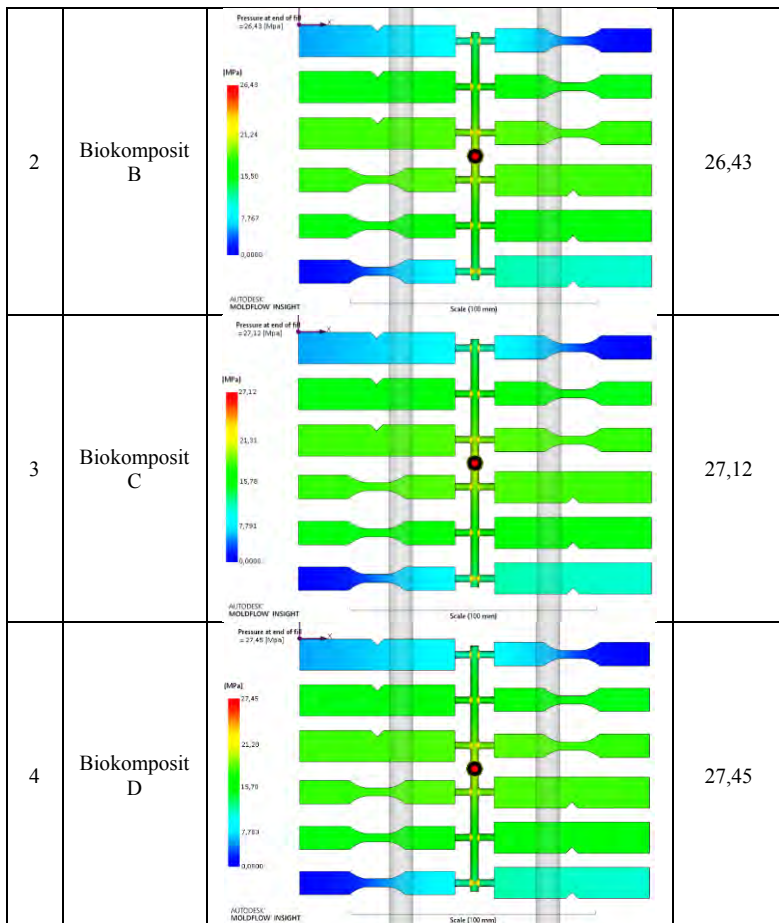
Dari hasil simulasi diatas, bagian yang berwarna merah adalah bagian yang paling terakhir diisi plastik, dan untuk bagian yang berwarna biru adalah bagian yang dilewati paling awal oleh lelehan biokomposit. Waktu yang dibutuhkan untuk mengisi cavity cenderung sama yaitu 2,4 detik.

4.1.6 Hasil Simulasi *Injection Pressure*

Injection Pressure merupakan distribusi tekanan selama proses pengisian lelehan plastik. Analisa ini juga menunjukan besarnya data tekanan pada lokasi-lokasi tertentu seperti *sprue*, *runner*, *gate* dan *cavity*. Tekanan terbesar berada di *sprue*, kemudian *runner*, *gate*, dan tekanan terendah berada di bagian yang terjauh dari *sprue*.

Tabel 4.6 Hasil simulasi *injection pressure*





Material dengan kebutuhan tekanan terbesar yaitu biokomposit C dengan tekanan sebesar 27,45 MPa pada bagian *sprue*. Mengindikasikan bahwa besarnya tekanan tersebut merupakan kebutuhan biokomposit C agar dapat melewati *sprue* dan mengisi seluruh rongga cetakan hingga sempurna. Besarnya tekanan ini dipengaruhi oleh viskositas dari material biokomposit itu sendiri, karena komposisi serat sisal yang lebih banyak pada

biokomposit D membuat material tersebut membutuhkan *pressure* yang lebih besar.

4.1.7 *Colling Time*

Simulasi ini menunjukkan waktu yang diperlukan dalam pendinginan suatu material selama proses injeksi berlangsung.

Tabel 4.7 Hasil simulasi *colling time*

No	Material	<i>Colling time</i> [s]
1	Biokomposit A	25,19
2	Biokomposit B	25,20
3	Biokomposit C	25,19
4	Biokomposit D	25,18

Dari tabel hasil simulasi diatas waktu pendinginan terlama ada pada biokomposit B yaitu 25,20 [s], dan dengan waktu tercepat pendinginan pada biokomposit D selama 25,18 [s]. Hal tersebut terjadi dikarenakan dengan meningkatnya komposisi polypropylene mengakibatkan waktu pendinginan semakin lama.

4.2. Identifikasi Parameter Proses Injeksi Aktual

Dikarenakan *injection pressure* hasil simulasi berkisar diantara 26 dan 27 Mpa, dan kemampuan maksimal *injection pressure* mesin injeksi HAITIAN MA type 900/260 adalah 140 bar atau 14 Mpa, maka diperlukan eksperimen untuk mencari *injection pressure*, *holding pressure* dan *barrel temprature* yang tepat agar spesimen tidak terdapat cacat flash. Setelah dilakukan eksperimen maka didapat parameter proses injeksi yang tepat sebagai berikut :

Tabel 4.8 Parameter proses injeksi aktual

Biokomposit	Injection Pressure (Bar)	Injection velocity (mm/s)	Nozzle Temperature (°C)	Barrel Temperature (°C)	Injection Time (s)	Holding Pressure (bar)	Cooling Time (s)	Holding Time (s)
A	55	40	172,69	210	2,4	40	25,19	15
B	55		173,25	210	2,4		25,20	
C	56		171,80	210	2,4		25,19	
D	57		171,29	210	2,4		25,18	

Dari parameter diatas dilakukan proses penginjeksian spesimen uji tarik dan impak, didapat hasil seperti gambar dibawah ini (gambar 4.1). Dimana tidak terjadi cacat *flash* dan *short shot* pada hasil injeksi berarti dapat disimpulkan parameternya sudah tepat.



Gambar 4.1 Spesimen hasil injeksi Biokomposit A

Penentuan parameter proses mesin injeksi dilakukan berdasarkan hasil simulasi dari *software* moldflow insight, simulasi yang dilakukan hanya terbatas pada *fill & pack analysis*. Dimana *nozzle temprature*, *injection time*, dan *cooling temprature* didapat dari simulasi moldflow insight dan *holding time* diperoleh dari penelitian tentang optimasi parameter mesin injeksi yang dilakukan saudara Dhian (2015).

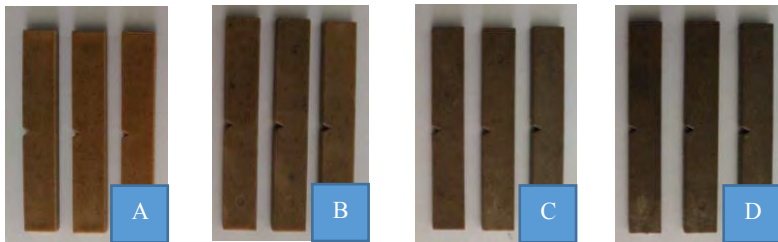
Perbedaan dari parameter injeksi hasil simulasi dengan parameter injeksi aktual. Terutama pada injection pressure yaitu dari 260 bar menjadi 55 bar, dikarenakan pada saat proses simulasi pembuatan material database hanya melalui pendekatan properties material dari penelitian yang sudah ada, bukan properties dari material yang digunakan. Terlebih pada simulasi merupakan hasil dalam kondisi ideal yaitu proses pencampuran antara *polypropylene* dan serat sisal terjadi secara homogen. Sedangkan pada kenyataannya pellet material biokomposit yang digunakan masih cenderung tidak homogen.

BAB V

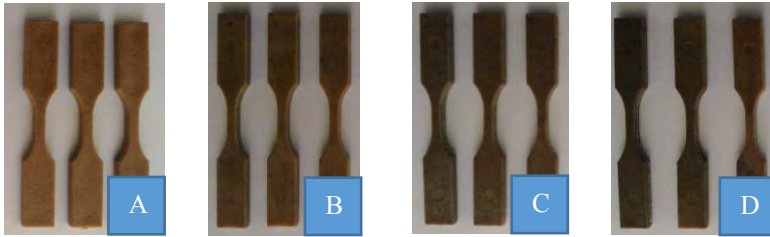
EKSPERIMEN PROSES INJEKSI SPESIMEN

5.1 Pengamatan Hasil Eksperimen Injeksi Material Biokomposit

Hasil proses injeksi merupakan spesimen uji impak yang dapat dilihat pada gambar 5.1 dan spesimen uji tarik pada gambar 5.2. Spesimen biokomposit A merupakan spesimen dengan kandungan serat sisal sebanyak 5%, spesimen biokomposit B sebanyak 10%, spesimen biokomposit C sebanyak 15% dan spesimen biokomposit D sebanyak 20%. Secara visual tampak bahwa spesimen biokomposit A dengan kandungan serat sisal 5% berwarna coklat muda dan semakin banyak kandungan serat sisal akan membuat warna spesimen menjadi coklat kehitaman. Gelapnya warna ini dikarenakan terdapat serat sisal yang terbakar disaat pelelehan material biokomposit pada saat didalam barrel mesin injeksi. Proses injeksi dilakukan dengan parameter proses yang paling optimal.



Gambar 5.1 Hasil proses injeksi spesimen biokomposit uji impak ASTM D6110 (A) biokomposit A, (B) biokomposit B, (C) biokomposit C dan (D) biokomposit D



Gambar 5.2 Hasil proses injeksi spesimen biokomposit uji tarik ASTM D638 (A) biokomposit A, (B) biokomposit B, (C) biokomposit C dan (D) biokomposit D

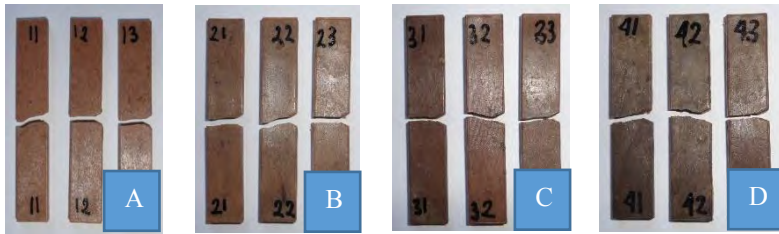
Dari hasil pengamatan secara visual yang dilakukan, didapatkan bahwa terdapat cacat *warp* atau terjadi lengkungan pada spesimen yang seharusnya datar pada setiap spesimen. *Warp* paling banyak ada pada bagian tengah. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya cekungan pada spesimen biokomposit A sampai D. Cacat *warp* tersebut membuat spesimen menjadi tidak sesuai secara geometri dari spesifikasi yang ada. Hal ini dikarenakan semakin banyak kandungan plastik didalam bahan biokomposit, akan membuat produk hasil injeksi cenderung untuk mengalami shrinkage.

5.2 Pengujian Mekanik Material Biokomposit

Penelitian ini dilakukan pengujian mekanik berupa uji impak dan uji tarik, dengan tujuan mengetahui karakteristik sifat mekanik dari material biokomposit. Dari hasil pengujian ini akan didapatkan kekuatan impak dan tarik, yang nantinya akan dianalisa seberapa besar pengaruh penambahan serat sisal sebagai material penguat terhadap *polypropylene* sebagai matriks nya.

5.2.1 Hasil Uji Impak

Hasil pengujian impak spesimen ASTM D256-04 secara visual dapat dilihat pada gambar 5.3 dan ditabelkan pada tabel 5.1.



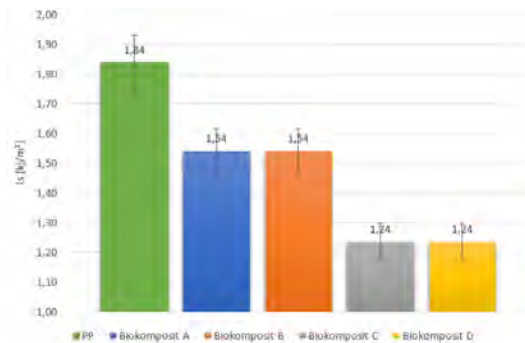
Gambar 5.3 Hasil pengujian impak spesimen ASTM D256-04 (A) biokomposit A, (B) biokomposit B, (C) biokomposit C dan (D) biokomposit D

Tabel 5.1 Data hasil pengujian impak

Spesimen	Replikasi	α	β	Δe [J]	I_s [kJ/m ²]
<i>Polypropylene</i>	1	45	43	0,05998	1,845
	2	45	44	0,03026	0,931
	3	45	42	0,08914	2,742
	Rata-rata			0,05979	1,84
Biokomposit A	1	45	43	0,05998	1,845
	2	45	44	0,03026	0,931
	3	45	43	0,05998	1,845
	Rata-rata			0,05007	1,54
Biokomposit B	1	45	43	0,05998	1,845
	2	45	43	0,05998	1,845
	3	45	44	0,03026	0,931
	Rata-rata			0,05007	1,54
Biokomposit C	1	45	44	0,03026	0,931
	2	45	43	0,05998	1,845
	3	45	44	0,03026	0,931

	Rata-rata			0,04017	1,24
Biokomposit D	1	45	44	0,03026	0,931
	2	45	44	0,03026	0,931
	3	45	43	0,05998	1,845
	Rata-rata			0,04017	1,24

Dimana keterangan α sudut awal, β sudut akhir pengukuran bandul, ΔE adalah energy yang terserap dalam satuan joule dan I_s adalah kekuatan impak dalam satuan kJ/m^2 . Metode charpy dengan massa pendulum 0,75 kg dan panjang lengan pendulum 0.3362 m. Untuk mempermudah analisa dari tabel 5.1 dibuat grafik hasil uji impak pada gambar dibawah ini.

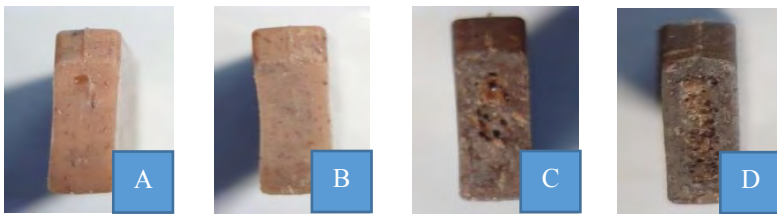


Gambar 5.4 Grafik hasil uji impak spesimen biokomposit

Dari grafik hasil uji impak diatas, kekuatan impak rata-rata biokomposit A sama dengan kekuatan impak rata-rata biokomposit B yaitu sebesar $1,54 \text{ kJ/mm}^2$, sedangkan kekuatan impak rata-rata biokomposit C sama dengan kekuatan impak rata-rata biokomposit D yaitu sebesar $1,24 \text{ kJ/mm}^2$. Dilihat dari kekuatan impak masing-masing material biokomposit sangat jauh dari kekuatan impak *polypropylene* murni. Hal ini dikarenakan serat

sisal belum mampu menyerap energi impact yang diberikan dengan baik.

Jika dilihat dari segi patahan masing-masing spesimen material biokomposit pada saat pengujian impact charpy (gambar 5.5) , bentuk permukaan sisa patahan yang terjadi pada setiap spesimen berbeda-beda. Spesimen biokomposit A dan B memiliki sisa patahan yang halus, atau dapat dikatakan material yang ulet. Sedangkan sisa patahan kasar ada pada biokomposit C dan D, atau dapat dikatakan material yang getas. Dan memiliki serabut pada tepi-tepi spesimen patahan. Hal ini dikarenakan terjadinya delaminasi dimana terjadi pemisahan lokal oleh ikatan material dari permukaan, yang menyebabkan penurunan kekuatan tarik.

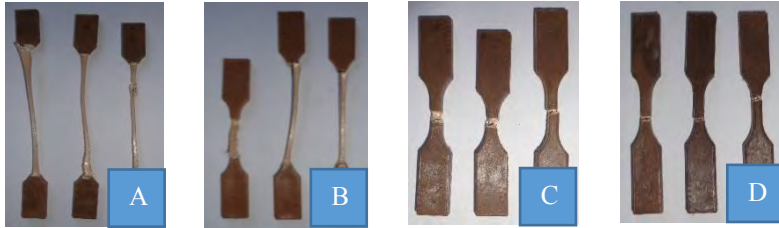


Gambar 5.5 Penampakan patahan dari permukaan spesimen hasil uji impact charpy (A) biokomposit A, (B) biokomposit B, (C) biokomposit C dan (D) biokomposit D

Pada gambar diatas, biokomposit A dan B tidak terdapat lubang (*void*) pada patahannya. Sedangkan pada material biokomposit C terdapat sedikit lubang dan lubang cenderung banyak pada material biokomposit D. Perlu dilakukan perbaikan pada bagian *base mold* dengan pembuatan ventilasi agar udara yang terjebak dapat keluar dengan sempurna, dan juga perlu dilakukan penambahan MAPP, dikarenakan MAPP dapat mengurangi *void size* dari komposisi yang tidak sejenis yaitu serat sisal dan *Polypropylene*.

5.2.2 Hasil Uji Tarik

Hasil pengujian tarik spesimen ASTM D638-03 tipe V secara visual dapat dilihat pada gambar 5.6 dan ditabelkan pada tabel 5.2



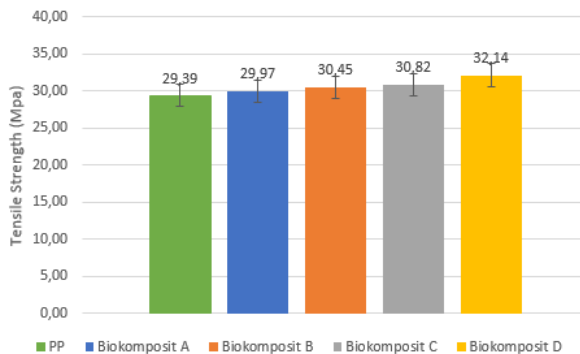
Gambar 5.6 Hasil pengujian tarik spesimen biokomposit ASTM D638-03 Tipe V (1) biokomposit A, (2) biokomposit B, (3) biokomposit C dan (4) biokomposit D

Tabel 5.2 Data hasil pengujian tarik

Spesimen	Replikasi	P [kgf]	P [N]	ΔL (mm)	σ [N/mm ²]	ϵ [%]
<i>Polypropylene</i>	1	29,60	290,28	89,54	28,53	141,01
	2	30,20	296,16	75,57	29,10	119,01
	3	31,70	310,87	79,50	30,55	125,20
	Rata-rata				29,39	128,40
Biokomposit A	1	31,65	310,38	82,20	30,50	129,45
	2	31,40	307,93	78,50	30,26	123,62
	3	30,25	296,65	74,65	29,15	117,56
	Rata-rata				29,97	123,54
Biokomposit B	1	31,80	311,85	26,64	30,65	41,95
	2	32,40	317,74	55,10	31,22	86,77

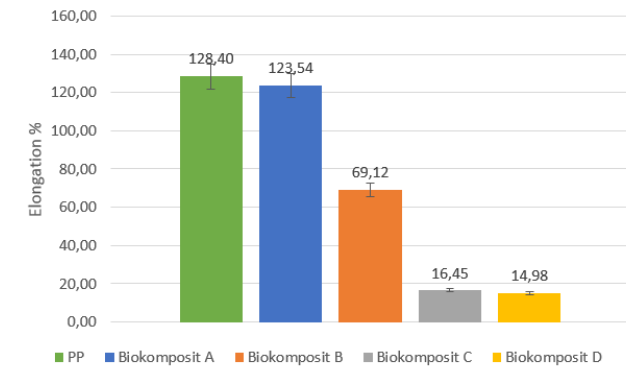
	3	30,60	300,08	49,94	29,49	78,65
	Rata-rata				30,45	69,12
Biokomposit C	1	32,45	318,23	10,97	31,27	17,28
	2	31,35	307,44	10,06	30,21	15,84
	3	32,15	315,28	10,30	30,98	16,22
	Rata-rata				30,82	16,45
Biokomposit D	1	32,15	315,28	9,61	30,98	15,13
	2	36,30	355,98	9,35	34,98	14,72
	3	31,60	309,89	9,57	30,45	15,07
	Rata-rata				32,14	14,98

Dimana P adalah beban axial dalam satuan newton, ΔL adalah pertambahan panjang dalam satuan mm, σ adalah kekuatan tarik dalam satuan N/mm^2 (Mpa) dan ϵ adalah persentase pertambahan panjang. Hasil uji tabel 5.2 dibentuk dalam bentuk grafik, untuk mempermudah menganalisa, dan dapat dilihat pada gambar 5.7.



Gambar 5.7 Grafik hasil uji tarik spesimen biokomposit (kekuatan tarik)

Dari grafik diatas, dapat disimpulkan seriap material biokomposit memiliki kekuatan tarik yang bervariasi. Dimana spesimen biokomposit A memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 29,39 Mpa dengan perpanjangan sebesar 123,54%, biokomposit B memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 30,45 Mpa dengan perpanjangan sebesar 69,12%, biokomposit C memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 30,82 Mpa dengan perpanjangan sebesar 16,45%, dan biokomposit D memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 32,14 Mpa dengan perpanjangan sebesar 14,98%. Perbedaan nilai kekuatan tarik tersebut jika dilihat dari trendline mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya komposisi serat sisal. Seluruh biokomposit memiliki kekuatan tarik diatas kekuatan tarik *polypropylene*. Hal ini dibuktikan dari penelitian burgastaller (2014), seiring penambahan serat sisal hingga 50% dapat meningkatkan kekuatan tarik, dan impact melebihi *polypropylene* murni.



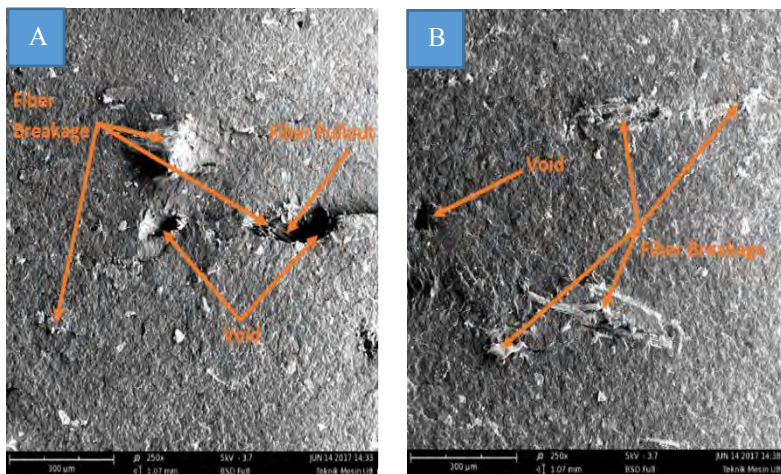
Gambar 5.8 Garfik hasil uji tarik spesimen biokomposit (perpanjangan)

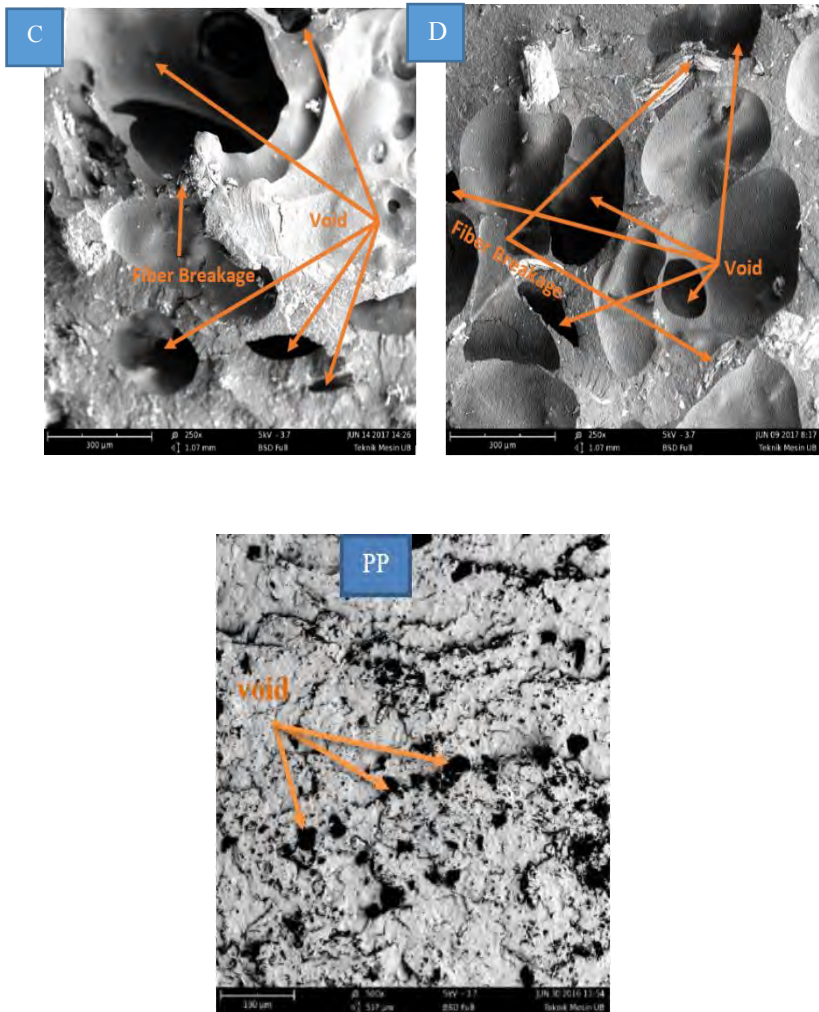
Sedangkan untuk grafik *elongation* dapat dilihat trendline setiap material biokomposit cenderung menurun. Hal ini

diakibatkan penambahan serat sisal dapat membuat material biokomposit tidak ulet. Jika dilihat secara visual pada gambar 5.5 dapat dikatakan bahwa biokomposit A dan B memiliki patahan ulet, karena jenis patahan membentuk serabut tarik yang panjang dan menyusut. Berbeda halnya dengan biokomposit C dan D memiliki patahan berbentuk serabut tarikan yang pendek. Dari hasil pengujian material biokomposit A, B, C, dan D yang hampir mendekati sifat mekanis dari *polypropylene* murni adalah biokomposit A dan B. Karena memiliki kekuatan tarik dan keuletan yang mendekati *polypropylene* murni. Sedangkan untuk material C dan D kurang cocok menggantikan *polypropylene* murni, dikarenakan memiliki sifat yang getas.

5.3 Analisa Hasil Uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Pengujian *Scanning Electron Microscopy* akan memperlihatkan morfologi dari biokomposit dengan berbagai variasi komposisi serat ditunjukkan dengan foto hasil patahan pengujian *charpy* tersebut dengan perbesaran berukuran mikro. Hasil pengujian SEM dengan pembesaran 250 kali dapat dilihat pada gambar 5.9.





Gambar 5.9 Hasil Pengujian SEM (A) biokomposit A (B) biokomposit B (C) biokomposit C (D) biokomposit D (PP) Polypropylene Murni

Secara mikroskopi pada material biokomposit A dan B memiliki struktur permukaan yang homogen dan void yang sedikit dibandingkan biokomposit C dan D. Akan tetapi perbaikan struktur permukaan pada biokomposit C dan D ini dirasa kurang begitu berarti dari segi kekuatan impaknya, karena pada spesimen material biokomposit tersebut sebelumnya sudah tampak cacat void cukup besar yang bisa terlihat secara visual. Untuk polypropylene murni hanya terdapat void yang sangat kecil.

Semua biokomposit mengalami fenomena *Fiber brackage* dimana serat sisal tertarik keluar dan kemudian patah. Fenomena *fiber brackage* dipengaruhi oleh *interface* antar matrik dan serat. Interface yang kuat akan menghasilkan material biokomposit dengan kekuatan dan kekakuan yang baik namun bersifat getas, karena pergerakan *crack* secara transversal akan menyusuri antar muka matrik dan serat sehingga menghasilkan *debonding* atau *pullout fiber* dari pada mekanisme perpatahan serat (*fiber breakage*) yang disebabkan interface yang kuat. Oleh karena itu fenomena *Fiber pullout* dapat menurunkan kekuatan dampak dari material biokomposit. Begitu pula hasil penelitian yang dilakukan oleh Oksman et.al dengan *interface* yang lemah yaitu terjadinya *Fiber pullout*, dapat menurunkan nilai dari kekuatan impaknya. Hal ini dikarenakan rendahnya absorpsi energi yang mampu diterima pada *Fiber pullout* dibanding *Fiber breakage*. Dari pengujian ini, biokomposit B memiliki morfologi yang paling baik, yaitu hanya terlihat void yang sangat kecil dibandingkan biokomposit lainnya, dan memiliki fiber breakage paling banyak.

Perlu penambahan MAPP pada biokomposit C dan D, hal ini disebabkan oleh sifat dari MAPP yang mampu menutup void tersebut dikarenakan dapat membuat *polypropylene* menyelimuti serat sisal. Efek lain dari MAPP seperti yang dijelaskan sebelumnya, dapat membuat struktur permukaan pada patahan

biokomposit menjadi homogen serta menimbulkan gaya adesi pada permukaannya.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil eksperimen dan anilisa yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil simulasi didapat parameter proses injeksi yang paling optimal, tanpa cacat flash dan short shot, juga sesuai kemampuan spesifikasi mesin injeksi HAITIAN-MA900/260e sebagai berikut :

Biokoomposit	Injection Pressure (Bar)	Injection velocity (mm/s)	Nozzle Temperature (°C)	Barrel Temperature (°C)	Injection Time (s)	Holding Pressure (bar)	Cooling Time (s)	Holding Time (s)
A	55	40	172,69	210	2,4	40	25,19	15
B	55		173,25	210	2,4		25,20	
C	56		171,80	210	2,4		25,19	
D	57		171,29	210	2,4		25,18	

2. Dari parameter proses injeksi tersebut didapat spesimen dengan kekuatan tarik dan impak sebagai berikut :

Biokomposit	Kekuatan Impak (Kj/m ²)	Kekuatan Tarik(N/mm ²)	Elongation (%)
A	1,54	29,97	123,54
B	1,54	30,45	69,12
C	1,24	30,82	16,45
D	1,24	32,14	14,98

Dengan meningkatnya komposisi serat sisal dapat meningkatkan kekuatan tarik, sedangkan kekuatan tarik yang mendekati *polypropylene* murni adalah biokomposit A, sedangkan kekuatan impaknya tidak ada yang mendekati *polypropylene* murni, dikarenakan serat sisal kurang bisa

menyerap energi kurang baik. Untuk *elongation* turun seiring dengan penambahan serat sisal, hal tersebut terjadi karena sifat elastis dari *polypropylene* berkurang.

Dari hasil uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*) biokomposit B memiliki void yang kecil dan *fiber breakage* lebih banyak dibandingkan biokomposit yang lain, menjadikan biokomposit B memiliki *interface* serat sisal (penguat) dan *polypropylene*. (matrik) yang sangat baik. Penambahan serat sisal dan MAPP pada *polypropylene* dapat merubah struktur dari *polypropylene* menjadi lebih homogen dan memiliki gaya adhesi yang kuat. Sehingga penambahan komposisi serat sisal cenderung membuat sifat material biokomposit kearah yang getas.

6.2 Saran

Dari eksperimen ini, ada beberapa masukan untuk penelitian selanjutnya, diantaranya :

1. Perlu mencari *properties* yang lengkap dari material biokomposit (serat sisal, mapp, dan *polypropylene*), agar hasil simulasi yang didapat lebih menyerupai proses injeksi aktual.
2. Perlu menggunakan alat uji impak dengan ketelitian yang tinggi, untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

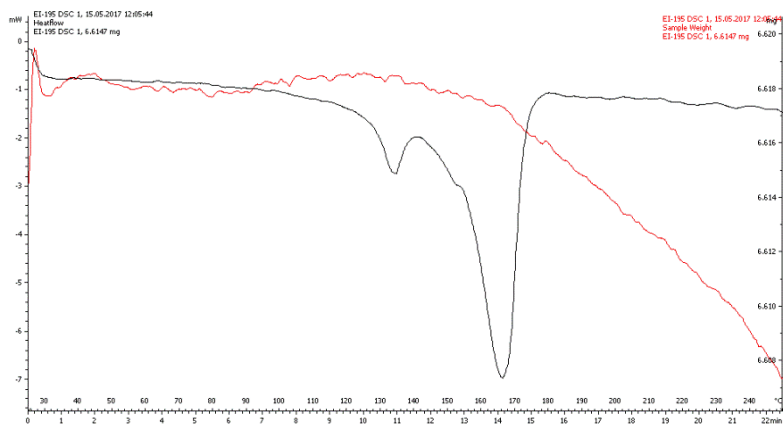
Pemilihan parameter proses injeksi yang tepat agar memaksimalkan sifat mekanis dari setiap komposisi biokomposit yang dipakai.

DAFTAR PUSTAKA

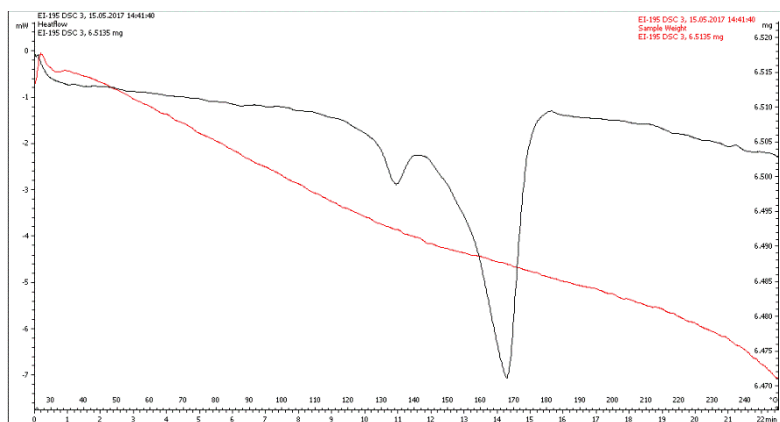
- [1] Thostenson ET, Li C, Chou TW. 2005. “Nanocomposite in context”, Composites Science and Technology
- [2] Nanang M. 2012. “Pengembangan Komposit Polipropilena Berpenguat Serat Sisal dan Serat Serabut Kelapa Untuk Material Komponen Otomotif”. Depok
- [3] P. Sudhakara.2013.”Fabrication of Borassus fruit lignocellulose fiber/PP composites and comparison with jute, sisal, and coir fibers” South Korea
- [4] Dhian P. 2015. “Pemilihan Parameter Untuk Meningkatkan Kekuatan Spesimen Tarik dan Impact Pada Proses Injeksi Plastik Dengan Metode Taguchi”. Surabaya
- [5] Burgstaller, Christoph. 2014. “A Comparison Of Processing and Performance for Lignocellulosic Reinforced Polypropylene For Injection Moulding Applications”. Austria
- [6] Sumaryono. 2012. “Perilaku Pengujian Tarik pada Polistiren dan Polipropilen”.
- [7] Gastrow. 2002. “Injection Mold: 130 Proven Designs – 3rd ed”, Hansler Publisher, Munich
- [8] E. Alfredo Campo. Complete Part Design Handbook. For Injection Molding of Thermoplastics-Hanser Fachbuchverlag.
- [9] Jay Shoemaker. 2006. Moldflow Design Guide A Resource for Plastics Engineers-Moldflow Corporation.
- [10] User Manual. Haitian Mars series

(halaman ini sengaja dikosongkan)

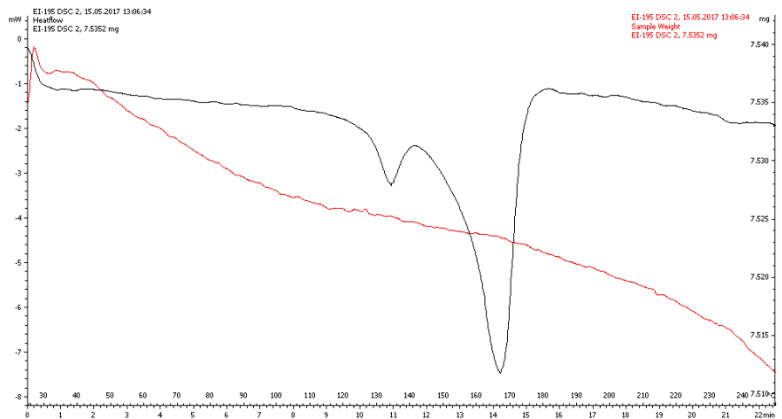
LAMPIRAN



Gambar Hasil Uji DSC Material Biokomposit A



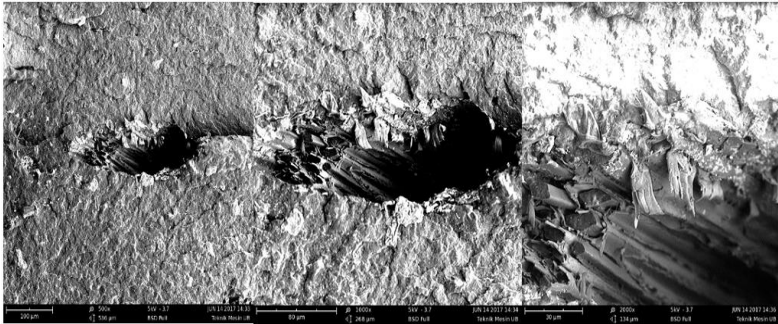
Gambar Hasil Uji DSC Material Biokomposit B



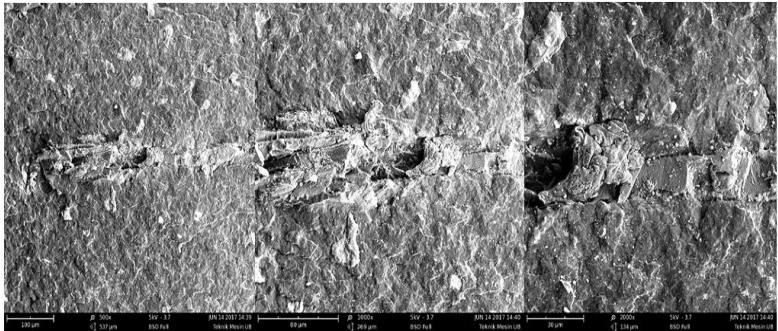
Gambar Hasil Uji DSC Material Biokomposit C



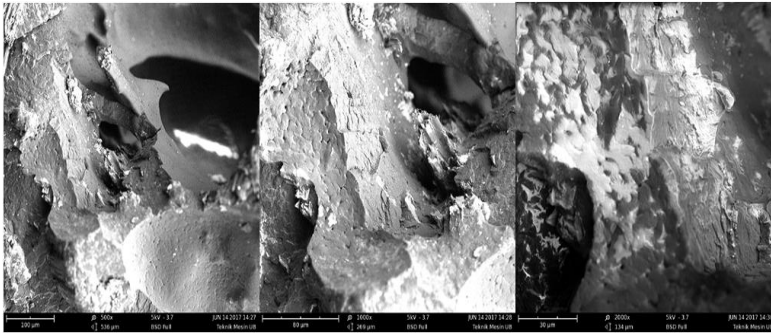
Gambar Hasil Uji DSC Material Biokomposit D



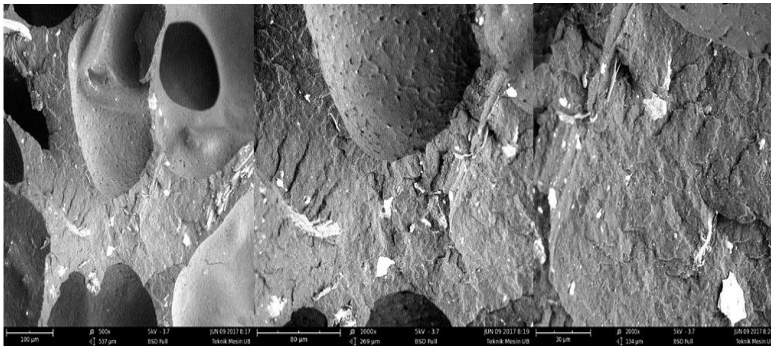
Gambar Hasil Uji SEM Biokomposit A (Pembesaran 500x, 1000x, dan 2000x)



Gambar Hasil Uji SEM Biokomposit B (Pembesaran 500x, 1000x, dan 2000x)



Gambar Hasil Uji SEM Biokomposit C (Pembesaran 500x, 1000x, dan 2000x)



Gambar Hasil Uji SEM Biokomposit D (Pembesaran 500x, 1000x, dan 2000x)

BIODATA PENULIS



Rahmat Basya Shahrys Tsany dilahirkan di kota sampang pada tanggal 26 Februari 1994. Putra ke tiga dari pasangan Bapak Ach.Buchari dan Ibu Malal Hayati. Pendidikan dasar ditempuh di SDN 1 Pangongsean lulus tahun 2006, dilanjutkan di SMP Negeri 1 Sampang lulus pada tahun 2009, Pendidikan menengah atas ditempuh di SMA Negeri 1 Sampang, lulus pada tahun 2012. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke tingkat perguruan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya jurusan Teknik Mesin.

Selama menempuh pendidikan di ITS penulis mengambil konsentrasi bidang studi Manufaktur dan menjadi anggota serta asisten Lab Perancangan dan Pengembangan Produk. Penulis juga aktif di organisasi Lembaga Bengkel Mahasiswa Mesin di Divisi Hubungan Luar. Organisasi ini merupakan wadah yang tepat dalam mengembangkan *softskill* dalam bidang otomotif dan berorganisasi. Selama menempuh pendidikan di Teknik Mesin ITS penulis mendapatkan banyak pengetahuan dan ilmu baru yang bermanfaat. Segala bentuk informasi, kritik dan saran mengenai Tugas Akhir ini dapat menghubungi penulis melalui e-mail rahmatbasya@gmail.com